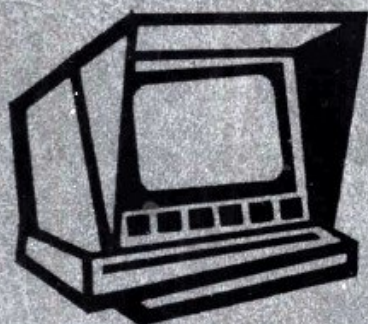
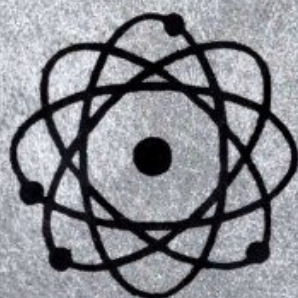
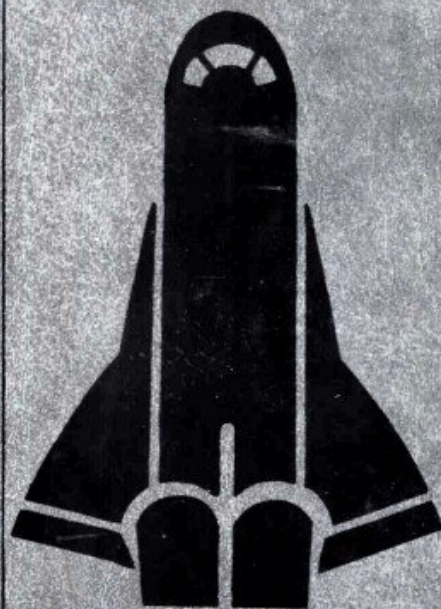
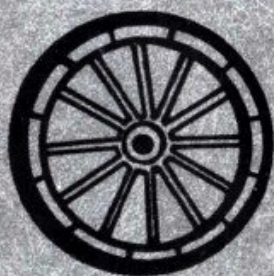


大英科技百科全書

ILLUSTRATED ENCYCLOPAEDIA OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY



N61

6:4

047300

大英科技百科全書 4

中華民國七十四年六月初版

發行人 林 春 輝

編 者 本局編輯部

出版者 光復書局股份有限公司
台北市復興北路38號 6 樓
郵政劃撥帳號第0003296-5
電話：771-6622

登記證字號 行政院新聞局局版台業字第0262號

排 版 紀元電腦排版股份有限公司 ☎ 307-5141
台北市寧波西街99號 2 樓

紙 張 永豐餘造紙股份有限公司

印 刷 弘盛彩色有限公司 ☎ 304-8769
台北市環河南路 2 段 280 巷24號

裝 訂 堅成裝訂廠 ☎ 982-2634

©Gruppo Editoriale FABBRI Editori S.P.A.
Milan 1985

©Kwang Fu Book Co. 1985

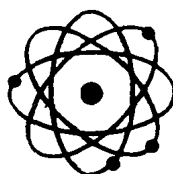
新學
社
PDG

047300

N61
G581

大英科技百科全書

ILLUSTRATED ENCYCLOPAEDIA OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY



4

光復書局

編輯委員：按姓名筆畫順序

- | | | | |
|-----|----------------------------|-----|------------------------------|
| 王小川 | 清華大學電機所教授
美國堪薩斯大學博士 | 祁 甡 | 交通大學光電所教授
美國布洛克林理工學院博士 |
| 王秀雄 | 師範大學美術系系主任
日本東京教育大學碩士 | 何東英 | 台灣大學化學系副教授
美國西北大學化學博士 |
| 王詠雲 | 清華大學化工所副教授
清華大學碩士 | 宋文薰 | 台灣大學人類學系教授
台灣大學歷史系畢業 |
| 方中權 | 中央地質調查所專員
加拿大紐芬蘭大學碩士 | 宋賢一 | 台灣大學農化系教授
農學博士 |
| 方俊民 | 台灣大學化學系副教授
美國耶魯大學化學博士 | 吳泰伯 | 清華大學材料科學所副教授
美國西北大學博士 |
| 白寶實 | 清華大學核工系副教授
美國辛辛那提大學博士 | 吳靜吉 | 學術交流基金會負責人
美國明尼蘇達大學哲學博士 |
| 朱建正 | 台灣大學數學系副教授
美國哥倫比亞大學博士 | 吳鑄陶 | 清華大學工程研究所所長
美國西北大學博士 |
| 朱偉岳 | 海軍軍官學校畢業
美國田納西大學電機所畢業 | 李祖添 | 交通大學控制工程所教授
美國奧克拉荷馬大學博士 |
| 朱傲祖 | 中央地質調查所專員
加拿大雅基地亞大學碩士 | 李敏雄 | 台灣大學農化系副教授
美國羅格斯大學博士 |
| 朱健次 | 台大醫學院微生物所副教授
美國貝勒醫學院博士 | 林允進 | 台灣大學造船研究所副教授
日本東京大學船舶工學博士 |
| 江萬煊 | 台大醫學院泌尿科教授
日本東京帝國大學醫科畢業 | 林宗洲 | 台大醫學院耳鼻喉科副教授
日本東京大學醫學博士 |

林英智 台灣大學化學系副教授
美國加州大學洛杉磯分校博士

林宜勝 洪建全兒童圖書館館長
台灣大學外文系學士

於幼華 台灣大學環境工程所教授
美國華盛頓大學環境工程博士

洪祖培 台大醫學院神經科主任
日本北海道大學醫學博士

柳 楷 台灣省林業試驗所研究員
美國奧勒岡大學研究所研究

張石角 台灣大學地理系教授
英國倫敦大學碩士

許瀛鑑 師範大學工教系教授
美國州立東北密蘇里大學研究

楊兆麟 士林榮總婦產科主任
國防醫學院醫學學士

溫振源 台大醫學院解剖科副教授
新加坡國立大學哲學博士

錢凡之 淡江大學物理學副教授
美國休士頓大學博士

郭明彥 大同工學院電機系副教授
交大電子研究所畢業

陳君傑 清華大學動力機械所副教授
美國羅格斯大學博士

陳建初 海洋學院養殖系系主任
日本九州大學農學博士

蔡章獻 台北市立天文台台長
韓國立命館大學

蔡義本 中央研究院地球所所長
美國麻省理工學院博士

簡曜輝 師範大學體育系系主任
美國明尼蘇達大學博士

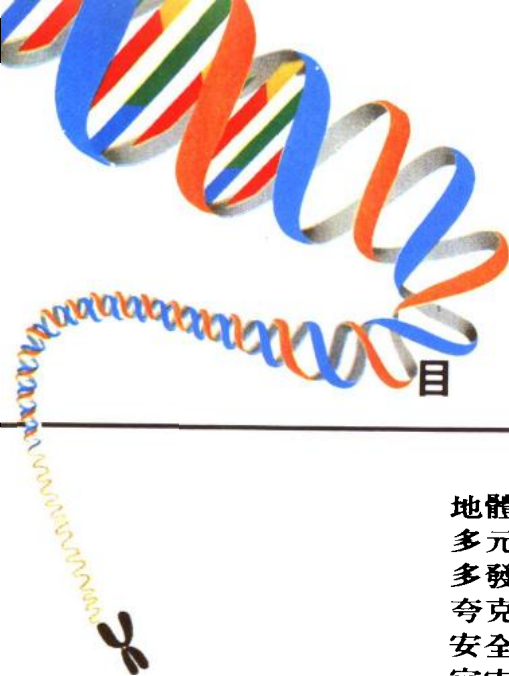
顏明雄 台灣工業技術學院副教授
日本東京工業大學博士

鄭元春 台灣省立博物館助理研究員
台灣大學碩士

鄭文隆 台灣工業技術學院營建系教授
美國華盛頓大學土木博士

鄭復華 清華大學管理決策所副教授
美國俄亥俄州立大學博士

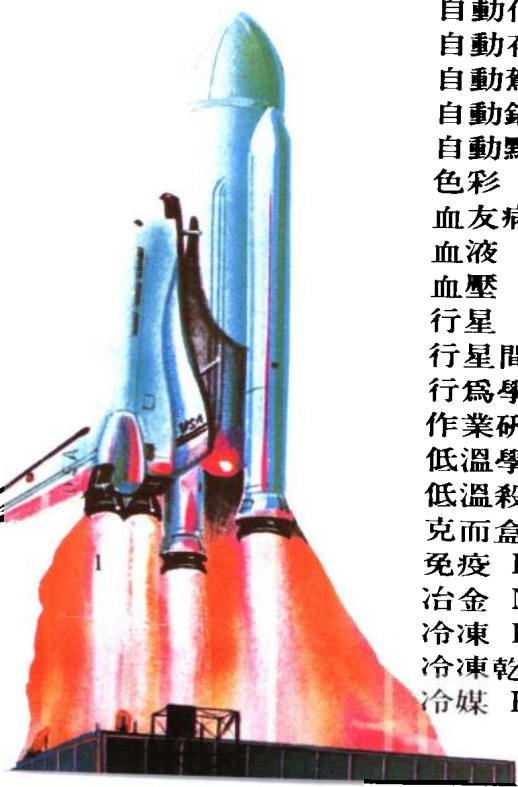
譚天錫 台灣大學動物系教授
台灣大學動物系畢業



目錄



地體構造 Tectonics	8
多元處理器 Multiprocessor	14
多發性硬化症 Multiple Sclerosis	16
夸克 Quark	18
安全系統(工廠) Safety System, Factory	20
宇宙 Universe	22
宇宙(起源) Universe, Origin of	26
宇宙論 Cosmology	32
成形外科 Plastic Surgery	36
打孔卡 Punch Card	38
打火機 Lighter, Cigarette	40
打字機 Typewriter	42
收銀機 Cash Register	44
早期人科動物 Prehominids	46
曳引機 Tractor	50
有害生物 Pests	52
有機化學 Chemistry, Organic	54
有機金屬化合物 Organometallic Compounds	58
死亡 Death	60
羊 Sheep	62
羊毛 Wool	64
羊皮紙 Parchment	66
考古學 Archaeology	68
耳 Ear	74
自來水筆 Fountain Pen	76
自動化 Automation	78
自動存提款機 Cash Machine	82
自動駕駛儀 Automatic Pilot	84
自動鋼琴 Player Piano	86
自動點唱機 Jukebox	88
色彩 Color	90
血友病 Hemophilia	94
血液 Blood	96
血壓 Blood Pressure	98
行星 Planet	100
行星間航行 Interplanetary Navigation	102
行為學 Ethology	104
作業研究 Operations Research	108
低溫學 Cryogenics	112
低溫殺菌 Pasteurization	116
克而盒 Kerr Cell	118
免疫 Immunity	120
冶金 Metallurgy	122
冷凍 Refrigeration	126
冷凍乾燥 Freeze-Drying	128
冷媒 Freon	130





助聽器 Hearing Aid	132
卵 Egg	134
含水層 Aquifer	136
吸塵器 Vacuum Cleaner	138
志留紀 Silurian Period	140
托卡馬克 Tokamak	142
步槍 Rifle	144
污水處理 Sewage Treatment	146
污染 Pollution	150
汞(元素) Mercury(Element)	154
男性 Male	156
角(動物) Horn	158
言語 Speech	160
豆類植物 Legume	162
貝殼類(甲殼類) Shellfish, Crustacean	164
車牀 Lathe	166
車庫 Garage	168
里程計費表 Taximeter	170
乳品工業 Dairy Industry	172
乳腺 Mammary Gland	174
侏羅紀 Jurassic Period	176
受孕 Conception	178
呼吸 Breathing	180
味覺 Taste	182
咖啡 Coffee	184
固態物理學 Solid State Physics	186
始祖鳥 Archaeopteryx	190
孢子・孢子的分化 Spores and Sporogenesis	192
定向 Orientation	196
岩石 Rock	200
岩石切割 Stonecutting	202
岩石圈 Lithosphere	204
岩相學 Petrography	208
岩洞 Cave	210
弩弓 Crossbow	216
抗生素 Antibiotics	218
抗體 Antibody	222
折射 Refraction	224
放射化學 Radiochemistry	226
放射性 Radioactivity	228
放射線學 Radiology	232
昆蟲 Insect	234
果實 Fruit	238
毒物學 Toxicology	242
汽水 Soft Drinks	246



本書使用方法

「大英科技百科全書」共計十五冊，前1～14冊爲本文，第15冊爲索引自成一冊。

本文部分是3360頁圖文並茂的科學與科技新知，依據本套書的組成單元——科技名詞編輯而成。

「大英科技百科全書」共有1240條科技名詞，依中文筆畫別排列；若筆畫別相同者，再以部首先後順序排列而成（部首順序係以中華書局出版的「辭海」爲藍本）。

例：化學元素

太空梭

「化」與「太」同樣爲四畫，「化」的部首匕在「太」的部首大之前，則「化學元素」的排列順序應排在「太空梭」之前。

因本書係採用電腦編書作業，1240條名詞的排列順序，先比第一個字的筆畫及部首，然後再依序比第二、三

個字的筆畫及部首，第四個字則依照電腦的中文內碼排列。

例：心臟病學

心臟病發作

先比前三個字的筆畫及部首，因前三個字的筆畫完全相同，第四個字「學」與「發」，因「學」的電腦之中文內碼在「發」之前，因此「心臟病學」應排在「心臟病發作」之前。

而部首筆畫的算法，係依辭海部首的排列順序。例①：苯，部首艸應爲艸，艸六畫，連下面的本五畫計十一畫。例②：肺，月應爲肉，肉六畫，連右邊的市五畫計十一畫，其他：應爲水四畫、王應爲玉五畫、扌應爲手四畫、辵應爲走七畫等，依此類推。

本書涵蓋數學、物理、化學、資訊、太空、天文、生化、材料科學、工程、醫學……等計46科科學科技範疇的1240條名詞，除了解釋該項名詞的意義，

並將其由來、演變及發展，附加圖解加以詳細的介紹。在文末也經常附註「參閱第×冊第×頁」，提供相關資料。

一般說來，使用本書最好的方法，最先從索引或目錄找起，讀者需查閱某一條目時，可先算出筆畫，由目錄或索引中找出您最感興趣的，直接翻閱那一條目的內容，這樣可以節省時間。這種條目名詞的編排方法，有助於想以這種方式閱讀的讀者。

索引是本書的最大特色，除了以筆畫別排列的中英對照索引之外，爲了便於僅知英文名詞而不知中文譯名的讀者，在中英對照的索引之後，也加列了英中對照的索引。本書的索引編排方式與一般傳統的編排迥然不同，索引條目分列大小條目，大條目以黑體字表示，與大條目相關的許多資料則詳列其下，使讀者查閱該條目時，可同時參考相關資料。

例：糖尿病 Diabets 3·134，
9·76，13·30，148
門診分析 Clinical analyses
13·188
對胰臟的作用 effects on
pancreas 1·20
胰島素注射 insulin syringe
1·136
尿崩症 insipidus 13·36

糖尿病爲大條目，與糖尿病相關的資料如門診分析、對胰臟的作用、胰島素注射、尿崩症等則詳列於糖尿病之下，使讀者在查閱糖尿病這一條目時，與它相關的資料一次就可以很便捷的查閱到。

總之，使用本書最好的方法就是先從索引翻閱起，再閱讀圖文並茂精彩的內容，從中發現樂趣，並藉以擴展您的心智及創造力，提昇您的科技知識。

地體構造 Tectonics

一個概念有時會革新一門科學，例如後來廣為人知的大陸漂移這個概念，即是一例。西元 1912 年，威格納(Alfred Wegener)提出一個學說，認為在過去的數億年間，大陸板塊一直在地球的表面漂移。由於他提不出證明，地質學家都不重視他的主張。然而在西元 1954 年，一羣英國的地球物理學家從岩石的磁力研究中，發現地球的南北磁極都曾大幅移動過。它們移動的軌跡稱為極軌跡。令地球物理學家吃驚的一個事實是，不同大陸上的岩石都顯示不同的極軌跡；這原本是不可能的——除非大陸本身確曾移動過。

其後在南極大陸所發現的化石，被視為和一些熱帶非洲的動物化石相同。這些化石能存在南極大陸，最佳的解釋是南極大陸一度曾是非洲的一部分，其後才漂移離去；而仔細研究一些巴西的岩石後，顯示它們和一些非洲的岩石相同。種種證據所導至的結論是大陸板塊即曾漂移分開過，也曾結合在一起。到了西元 1960 年代中期，地質學家們終於相信威格納是對的。

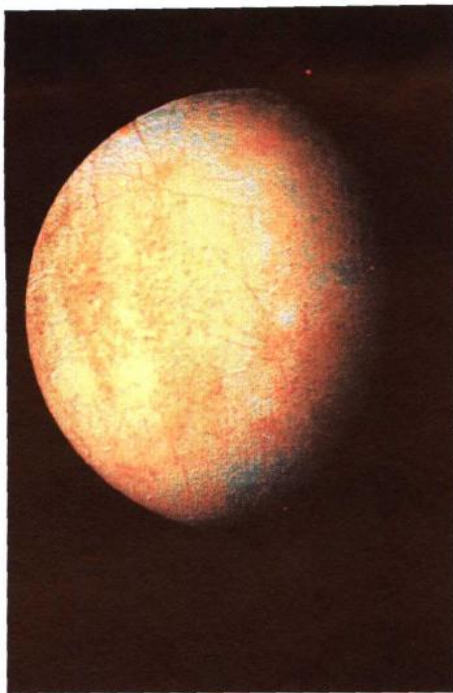
大陸漂移解釋了很多事情，包括為什麼山脈會隆起，從來沒有一個理論能對這類主題具有說服力。當大規模的陸地地塊下滑時，山脈即被擠壓向上。大陸漂移理論也同時說明了譬如為什麼懷俄明州(Wyoming)一度曾具有熱帶氣候之類的問題。事實上，這個理論使許多概念立刻趨於一致。

地球表面的板塊

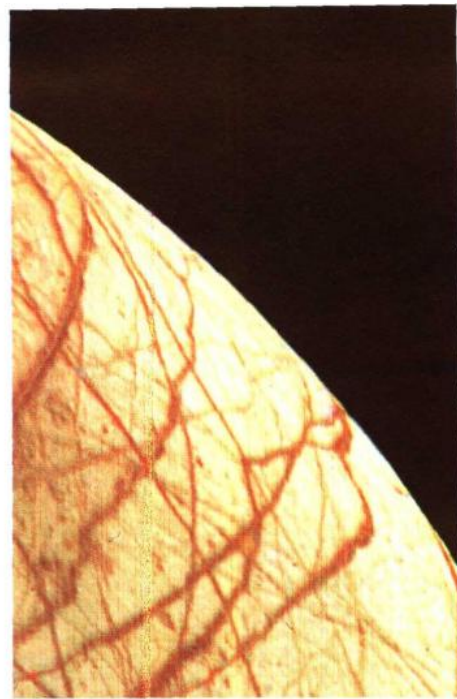
地球表面——意即陸地及海底的岩石表面——是由板塊所組成，總共有 12 個主要的板塊及許多次要板塊。當地質學家體認到這些板塊多少都保持著固定的移動速度時，很多地質現象也就更易於了解了。

當板塊相互漂移開時，熔融的岩石自地球內部湧出。這些熔岩冷凝後和穩定地漂移離開的板塊銜接，最後這些岩石即銜接在板塊邊緣。只要有板塊分移之處，就有火山活動；最好的例證可在位於大西洋中間，南北走向之狹長形山脈的中洋脊沿線找到。

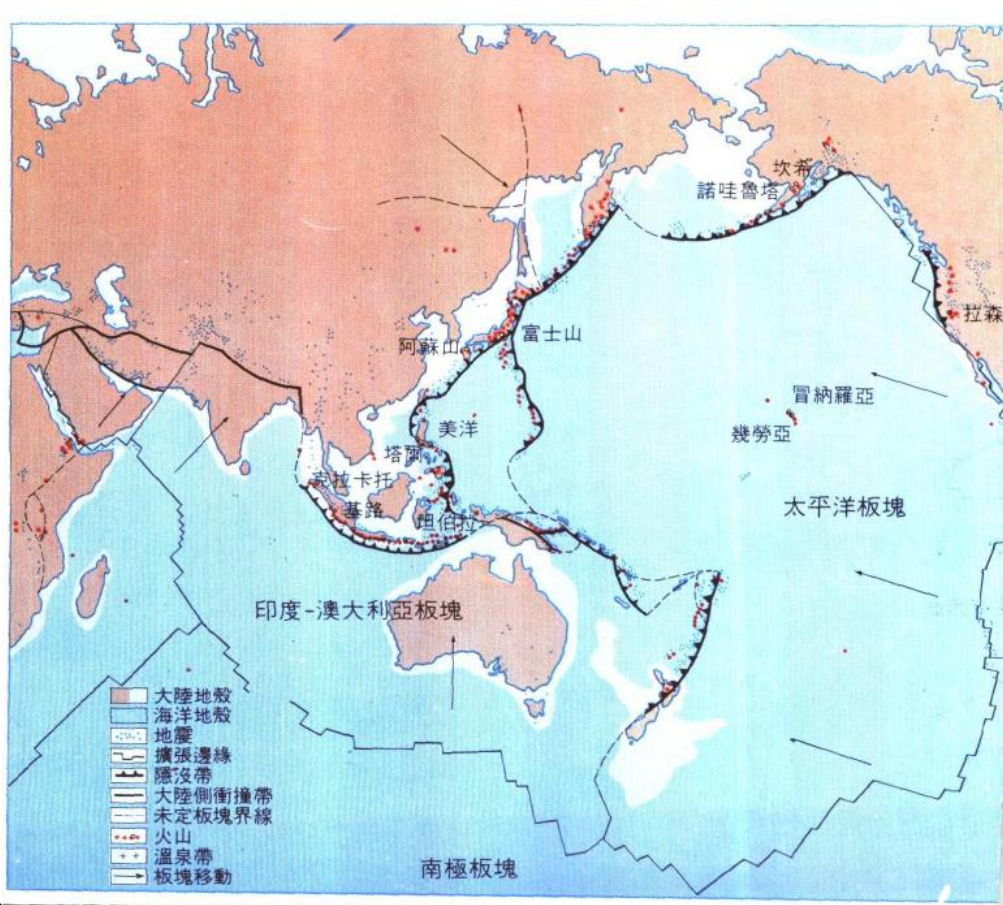
當板塊的一邊漂移時，板塊的另一邊最後會與另一板塊相碰撞。碰撞發生時，其中一板塊下滑到另一板塊之下。此情形發生時，下滑板塊常以一相當陡峭的角度逐漸下沉，下滑角度有時可達 58 度。當板



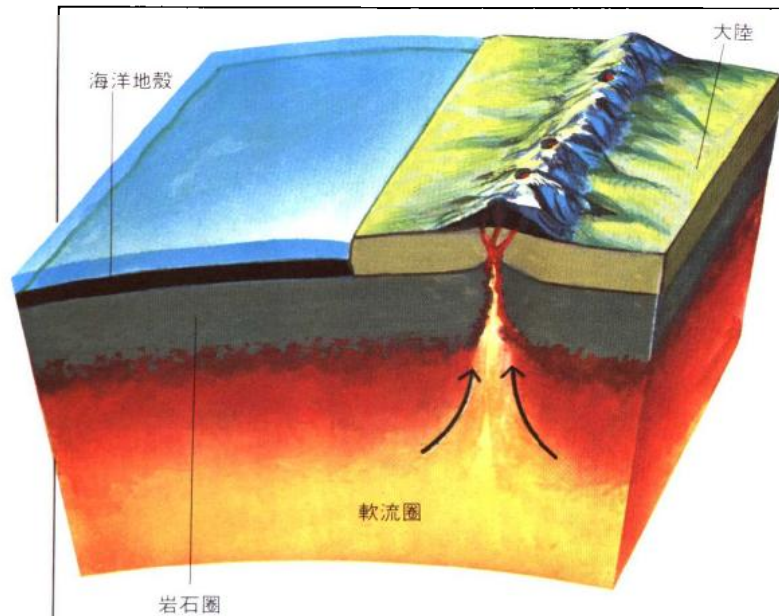
上：兩幅歐羅巴(Europa)——木星的衛星——的照片。表面明顯的裂隙被認為是薄層地殼浮動於冰層之上所致，是地殼漂浮於其液體內部的一個模式。



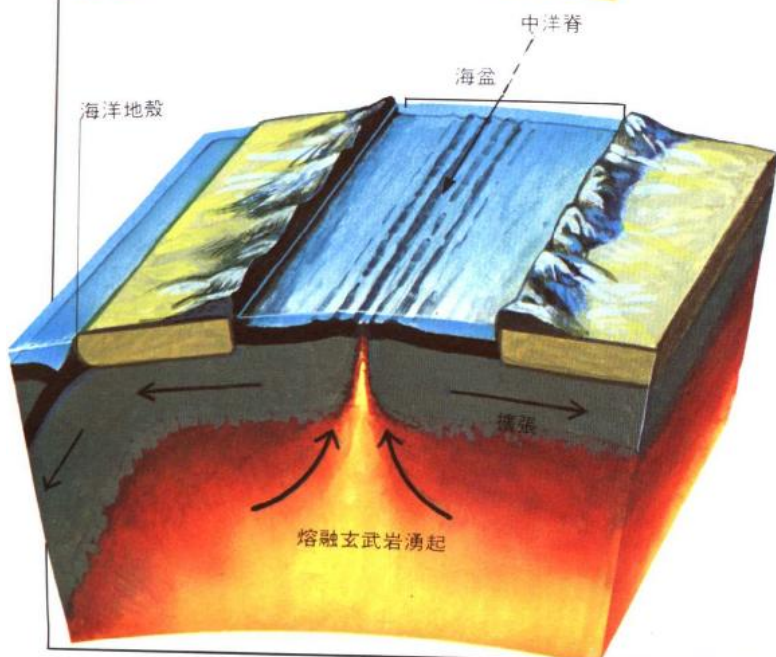
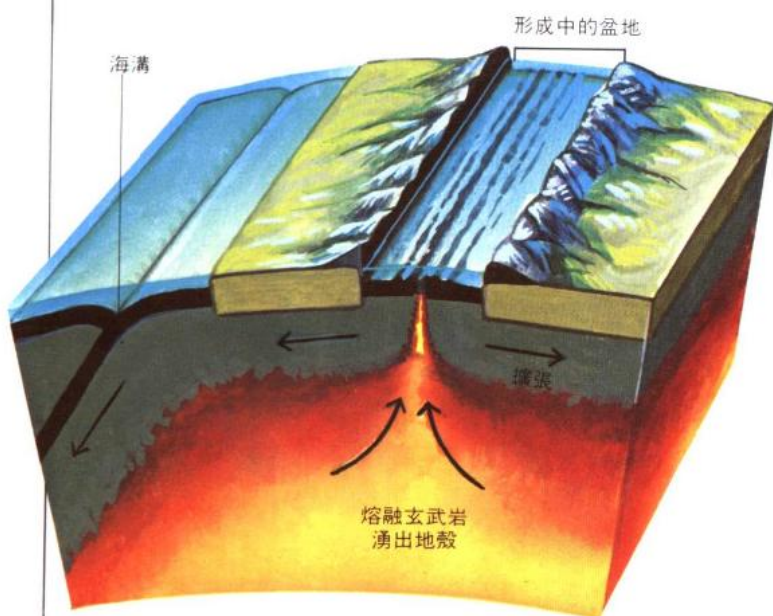
右：金星表面的雷達圖。雖然其表面痕跡錯綜複雜，但一般認為，金星上的構造活動非常有限。下：地球表面的構造圖，顯示板塊移動與其他地質活動如火山爆發，溫泉及地震間的關係。



- 9



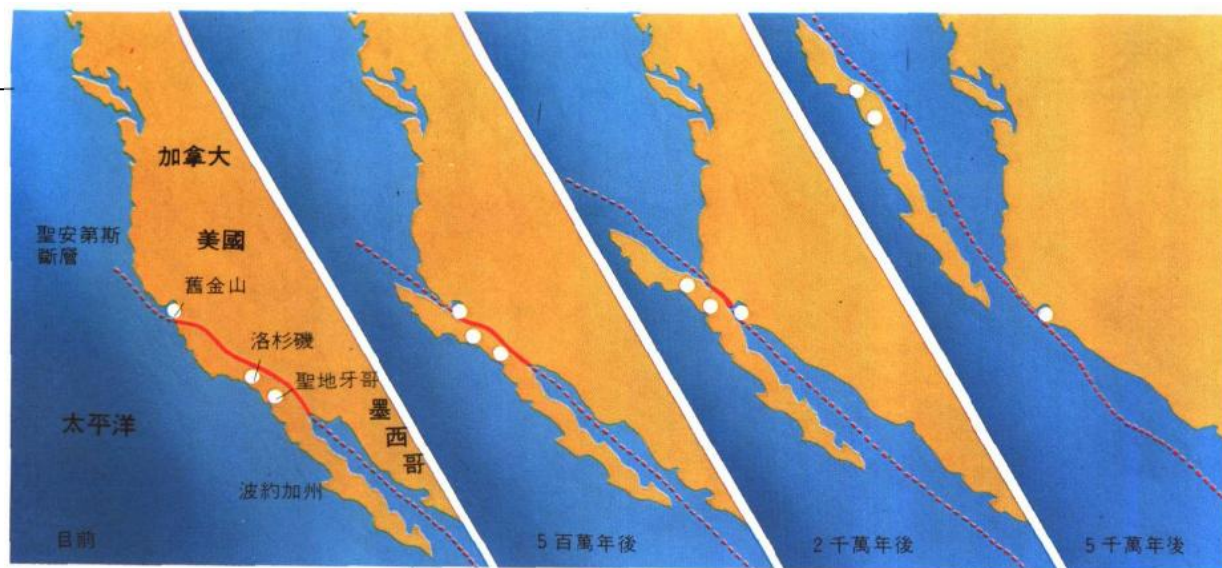
左：此三示意圖所示，構造板塊運動的持續是因湧自軟流圈的玄武岩漿冷凝硬化後形成洋底的新地殼所致。



山是因印度大陸向北漂移而與歐亞板塊相衝撞而成。實際上，印度仍然在緩慢地向北推進，而喜馬拉雅山則仍在繼續增高。廣義說來，我們可說美洲的西緣仍在向西移動。當它向西移動時，大陸板塊是滑越在太平洋洋底之上，而太平洋洋底則沈入美洲之下。這股推擠大陸的力量造成了安地斯山脈、加州海岸山脈、喀斯開山脈，及一部分阿拉斯加山脈。阿爾卑斯山脈是當非洲大陸板塊向北移動，推擠歐洲大陸



上：紅海南部的衛星圖 當非洲構造板塊移開為歐亞板塊一部分的沙烏地阿拉伯半島，這片水域逐漸加寬。



左：系列圖顯示在幾百萬年間，加州海岸如何沿聖安第斯斷層脫離北美大陸。本頁底部衛星圖片中的斷層為北美與太平洋構造板塊間的一條分界線。

板塊向上隆起而形成的。

大陸漂移：地下成因

地球為一層狀組合；中心是由熔融金屬所成的地核，以鐵為主；在地核之上為地函，由岩石組成。由於地處高壓，這些岩石均具可塑性。這些岩石不時地在移動——驅使其移動的力量是熱能。放射性物質如鈾產生熱能。當放射性物質衰變時，大原子分解成較小的原子，同時釋出熱能；部分在地球當初形成時就產生的熱能，仍存於地球內部。無論如何，就是這些熱能熔融了存於地函中的岩石。

地函的確實成分仍然未知。在地函中，熔岩移動時，產生對流作用；此種強而有力的對流推動著板塊，即地殼的一部分——外層岩石。地表的岩層為地殼的上部，通常地殼是由兩種不同型態的岩石組成；大陸主要由花崗岩組成，海底的岩石則是玄武岩——一種細粒、暗色、質重的岩石。玄武岩較花崗岩為重，並出現在其底部。地殼的厚度變化相當大；陸地下其厚度約為 32~64 公里，而於海洋下，其厚度相當薄，約為 5 公里。

洋底擴張

當熔融的玄武岩自中大西洋脊 (Mid-Atlantic Ridge) 中湧出時，它推擠洋底向兩側移動，洋底則逐漸擴張並下滑至大陸之下。依地質年代的時間來說，洋底擴張 (ocean floor spreading) 的過程非常迅速。洋底的岩石沒有一塊老過 1 億 5 千萬年，而一些大陸上的岩石則老得多，可追溯至 36 億年前。這說明了至少部分大陸的年齡要較洋底為老，同時也是地表上甚

為穩定的地區。洋底玄武岩經定年顯示以花崗岩為主的大陸，實際上滑越在較重的玄武岩之上，這些玄武岩仍繼續在下滑。

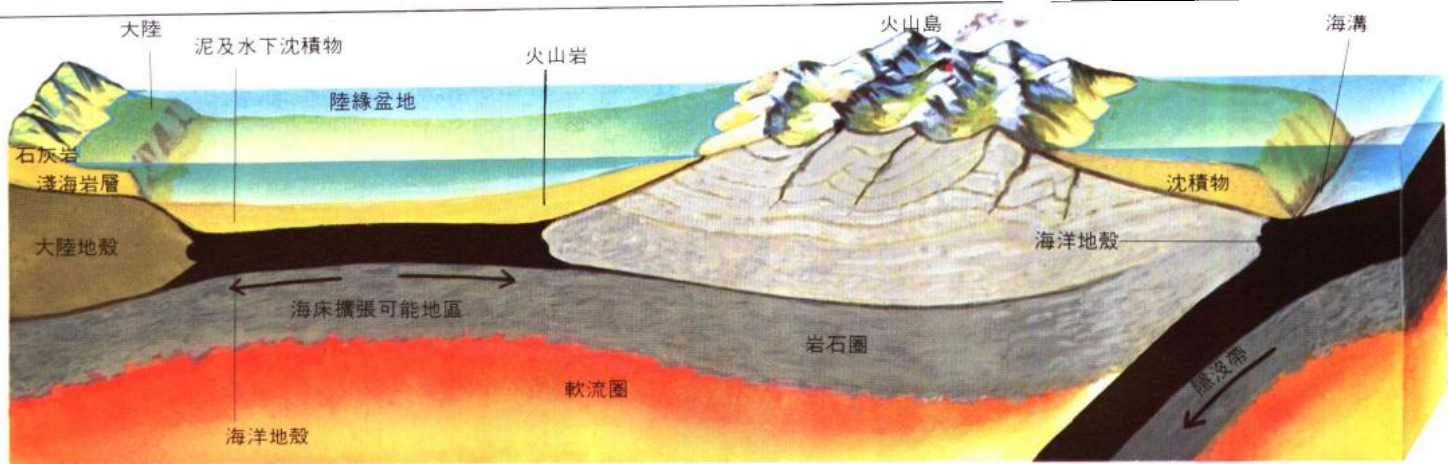
當海洋擴張時，它們推擠大陸分離。地質學家深信若有足夠的時間，各大陸會再度相遇而形成單一的一塊大陸。實際上確

曾數度形成過巨洲 (giant continents)，其後因對流作用而分開。換句話說，歷經億萬年，大陸初現後被推離分開。

大陸之成長

很多人都相信，各大陸最初均較其現在





的情形為小。大陸最老最穩定的部分為陸心；地質學家相信環狀岩石地塊以島弧 (island arc) 的方式加入陸心。

島弧

任何人詳閱世界地圖都會注意到有好幾列島弧。安地列斯羣島、阿留申羣島及日本列島都具顯著弧形。此外，所有的島弧都位於大陸附近並具有火山的特性。雖然組成這些島弧的岩石與洋底的岩石類似，它們同時也具有僅能在大陸下面才能找到的一些現象。火山活動將岩石物質熔合，形成一種有別於大陸地區或海洋底部的岩

石；此種島弧型岩石物質附著在大陸核心；此外它們四處擴張。

地質學家因此相信大陸是藉島弧不斷成長的方式而形成的；這可解釋為什麼在大陸內部深處可發現較年輕的岩石環狀排列在陸心之外。

接近大陸中央的地區極為穩定。這些地區沒有山脈，也沒有什麼火山；就地質上而言，這塊土地一直沈寂了好幾億年。這些地區叫做古陸；大致上，它們與大陸核心在一起，多具廣闊的平原。

古陸多位於板塊中央，遠離邊緣部分。這些邊緣部分常有地質活動發生。然而，

上：當兩板塊接觸時，圖片左側的構造板塊驅使右側板塊陷入地面之中。此過程稱為隱沒作用 (subduction)。

下：位於東印度羣島中的巽他羣島衛星圖；此處 3 個不同的構造板塊相接觸。



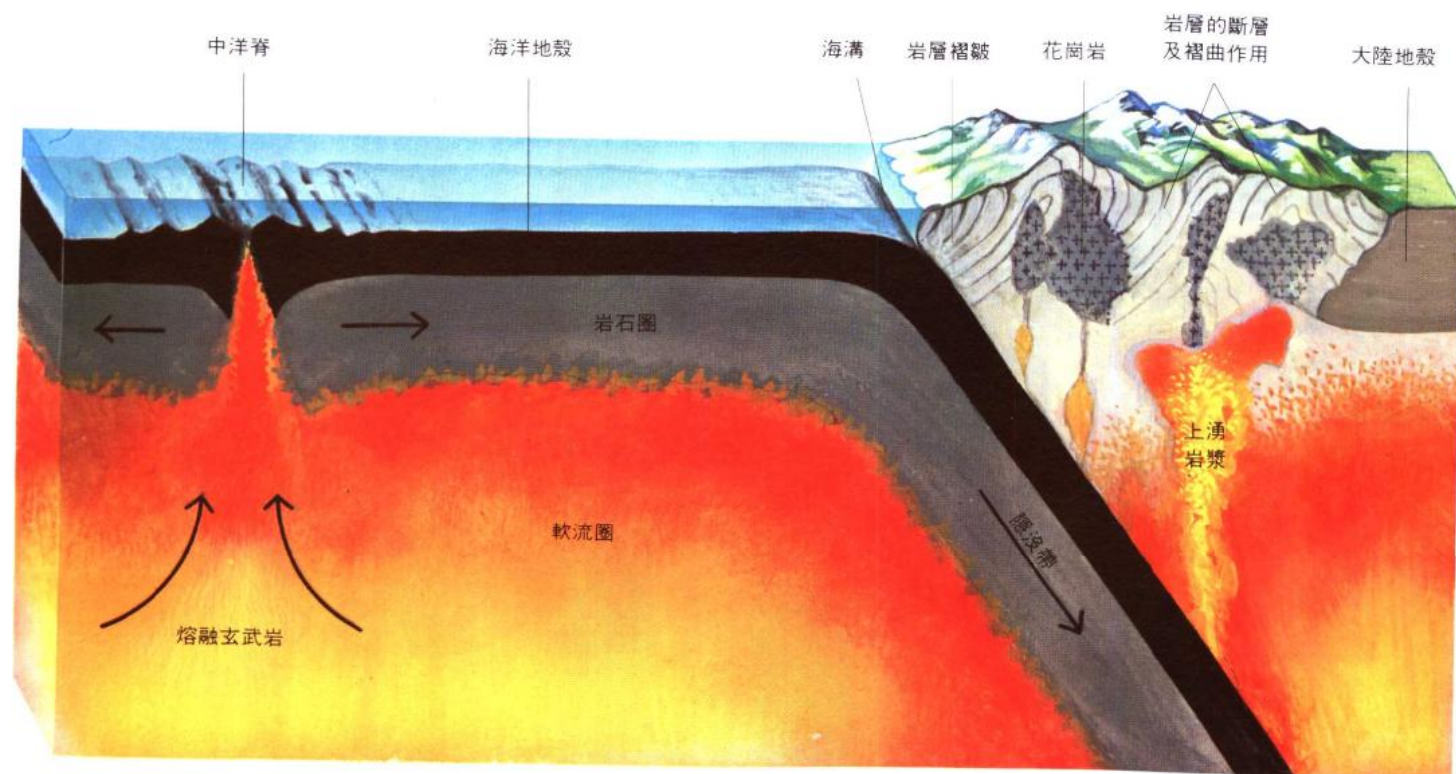
某些靠近板塊中央部分的地區，確曾有強烈的地質作用；譬如說一些非洲的火山，即位於穩定的地區。最有趣的一個火山作用例子是夏威夷火山 (Hawaiian volcanoes)。它們是獨立的一羣火山，不

與島弧相接合，此點與大多數的太平洋火山不同；更重要的是，它們的位置遠離任何大陸海岸。

夏威夷火山過去和現在一樣是由地函中的熱點所造成的。雖然地函頂部接觸到地

殼底部，是有相當的深度；然而來自地函熱點的熱上湧，熔融岩石，形成熔岩，噴發而出形成壯麗的夏威夷火山。

參閱第一冊 80~83 頁大陸漂移 (Continental Drift)。



上：熔融玄武岩自軟流圈湧出，形成新的海床，使海洋板塊擴張並且緊壓與其相接觸的大陸板塊。

右：喜馬拉雅山的照片，一座因印度構造板塊移向亞洲板塊所形成的山脈。



多元處理器 Multiprocessor

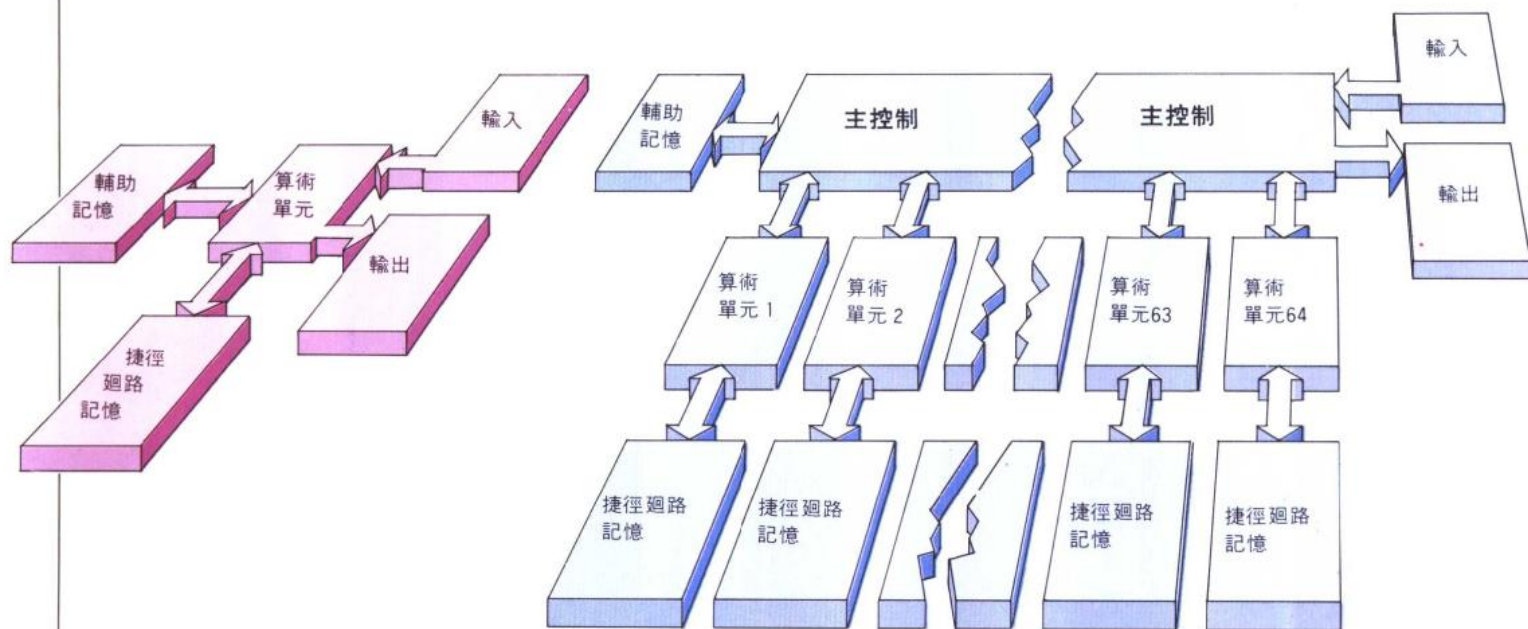
電腦的發展十分快速且也逐漸被社會大眾所肯定，如今，它們具有複雜的功能和更高度的操作可靠性。在發展之初，任何電腦都是一次只能處理一件工作；電腦發展中的一大進步就是創造了一次能夠處理多樣工作的電腦。最近，能夠同時處理數以百計的工作的電腦已經誕生了；諸如此類的電腦，我們稱之為多元處理器。

西元 1940 和 1950 年代所發展出來的大型電腦，只能以批次模式(batch mode)來運作。也就是說，它們要先載入資料和

格式(format)自其終端機與電腦交談。由於電腦的處理能力，用戶需要排隊，或者說是形成一條等待線。因此，如果某個用戶要看他自己貯存的氣象資料，而另外一個用戶要看股票價格——假設兩者都存在相同的系統——則電腦將先連接第一個用戶到他要求的資料，然後再連接第二個用戶到另一個要求的資料。因為很多電腦都能以每秒超過一百萬次的動作來處理資料，因此，看來用戶好像是在相同的時間得到了他們的資料，其實，電腦還是按照

(mainframe)要省得多。此外，如果一個分散式處理系統有四個中央處理單元，而其中一個甚或兩個壞掉，此系統仍能繼續保持運作，只是它的能力會低一些。

一般分散式處理系統具有三個或更多的 CPU，以及六個或更多的終端機連接到 CPU 上。這些 CPU 必須有比它們處理資料的正常軟體還要複雜的程式，以便向其他的 CPU 送出工作的要求，或在它們和終端機之間來回傳送資料。分散式處理系統具有現代辦公環境中的多方面能力和



一組指令，或者一個程式，以指定的方法去處理那些資料。然後它們就會處理單一的連續工作，或者說一個批次的工作，直到所有資料都處理完才算結束。有些批次的工作需要幾分鐘，有些則要好幾個星期。雖然這樣的機器很有用，但仍受到若干限制，主要之一就是這種系統的能力只能一次使用於一件工作。

分時

由幾個用戶以電話或其他方式連接到大型電腦系統同時使用，是多元處理器的首次實際應用。早期分時(time-sharing)電腦的實際硬體(hardware)，包括電子記憶，基本上和批次作業的電腦是相同的，差別是在於軟體(software)。分時軟體的設計是讓一些用戶連接到電腦的 CPU，或稱中央處理單元。每個用戶都有一定的

次序地在工作。

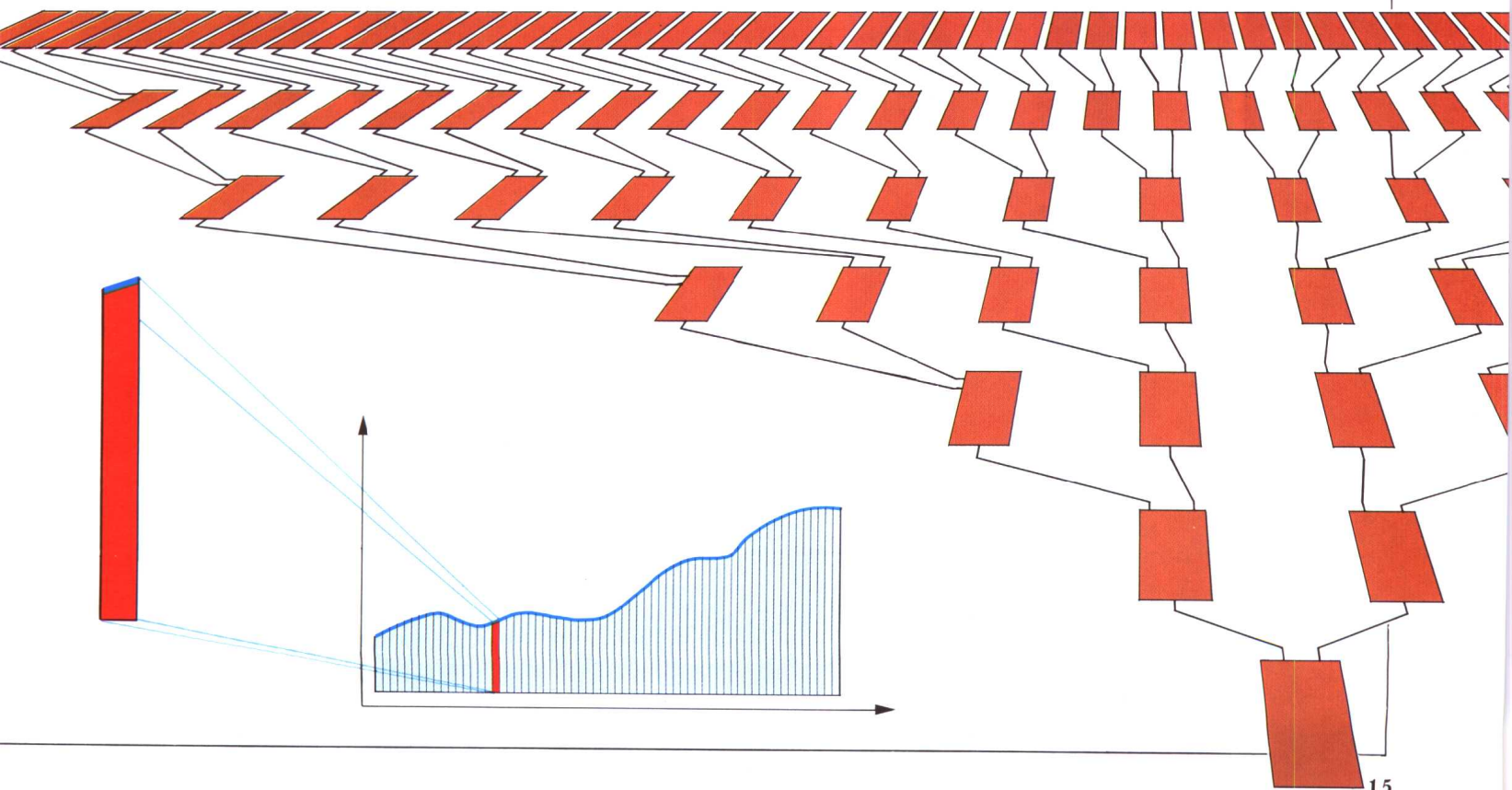
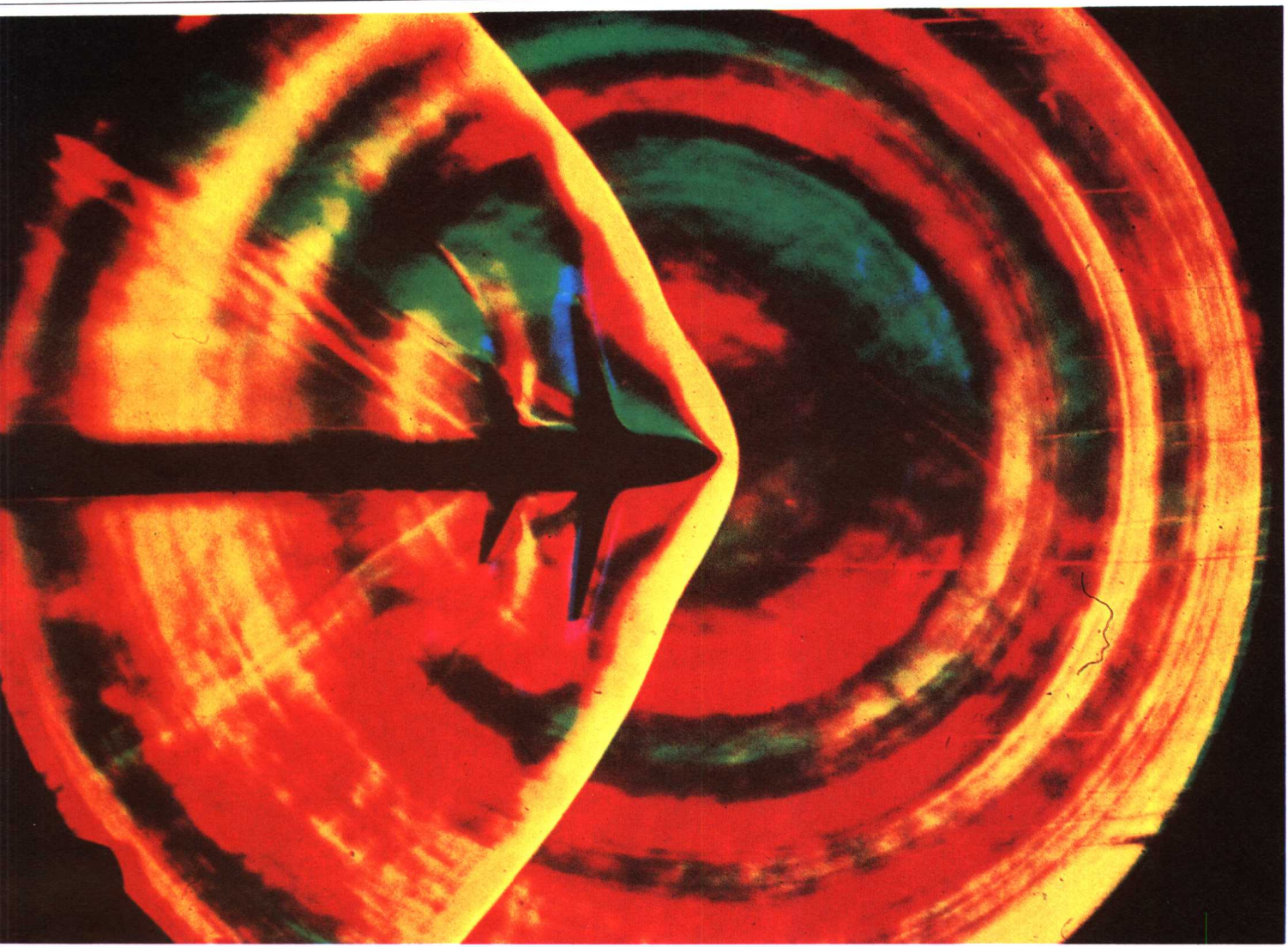
所有後來的操作都是電腦根據它特別的程式來執行的，這些程式都想用最經濟的方式來處理資料。因此，如果某個用戶想要對他的資料執行一個非常簡單的操作，而另一個用戶要執行一系列耗時的計算；則通常電腦會先處理簡單的操作，然後依次處理耗時的計算。對於耗時的計算，一次只處理一小量，即先做別的簡單操作，以免某一工作連續佔用太多 CPU 時間。

分散式處理

分散式處理(distributed processing)是多元處理器的最近發展。它由多個 CPU 組成一個電腦系統，以處理多個用戶的工作。分散式處理的優點是可以逐漸建立一個強有力的電腦系統，比買一個大型主機

使用性，例如能做文書處理、電子郵件和傳統的資料處理工作。這種新型的多元處理器在電腦界中正快速地發展。

上：批次作業的電腦(batch-mode computer)和ILLIAC IV資料流程結構的比較圖。ILLIAC IV是以多元處理運作的第一種電腦。此機器由64個平行工作的運算單元所組成。由於小型化和積體電路的進步，現在已經可能將數以萬計的平行運算單元連接在一起，就如圖中央所顯示的一樣。右：多元處理器適用於解決複雜的計算，例如空氣動力學的問題，圖示於此頁上方；或微積分的問題，如圖形所示，用連續逼近法來計算需要大量個別運算的計算。



多發性硬化症 Multiple Sclerosis

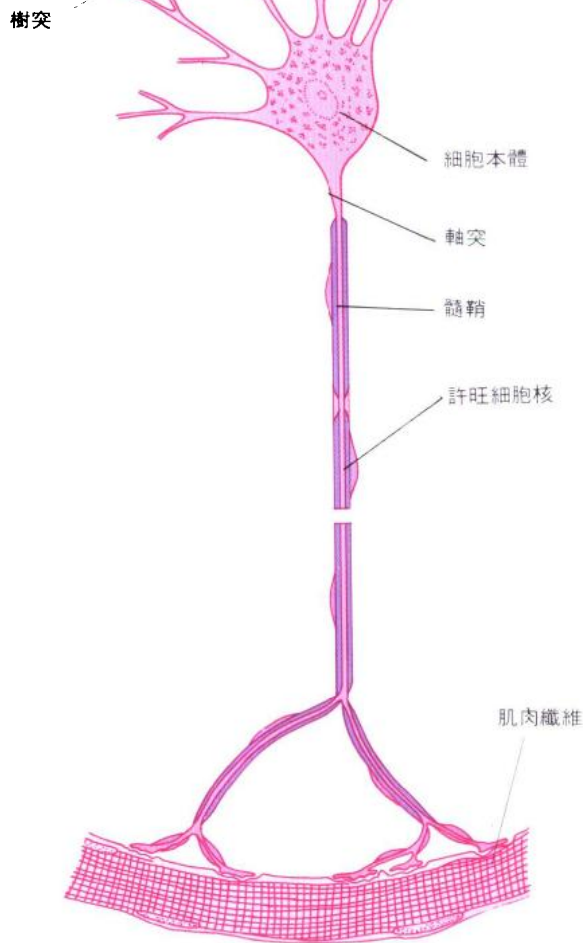
醫學研究人員對以往被認為是主要殺手的許多疾病，已經找出了醫治的方法。但對多發性硬化症(multiple sclerosis, 簡稱 MS)而言，則仍是僅存的幾個無法根治的疾病之一；甚至於沒有一個檢查方法可供我們對這種疾病做確定性的診斷。多發性硬化症最常發生在 20~35 歲之間，會有平衡困難、協調運動功能的障礙、肢體或身體其他部分的麻木、言語不清、顫抖、複視、大小便失調、全身性疲倦及衰弱感等症狀。不過，這些症狀並不只出現在多發性硬化症的病例，所以要診斷為多發性硬化症之前，必須先排除腦及脊髓長瘤、血管性疾病或其他神經系統病變之可能性。此外，在診斷上最大的困難在於：多發性硬化症的症狀不經治療也會自然減輕或消失，使其病程中會有外表上和健康的正常人無異的時期。

有關多發性硬化症的了解

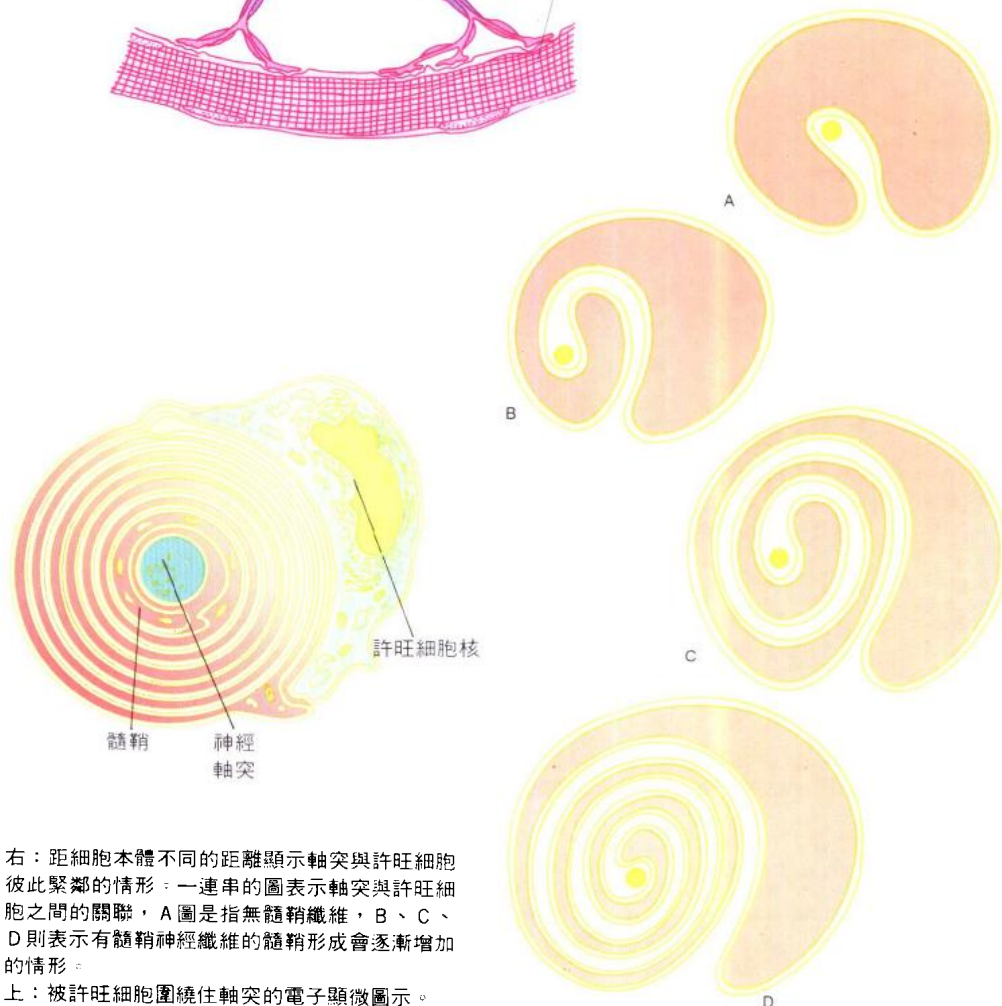
關於多發性硬化症的成因，至今還不清楚。症狀的出現是因為中樞神經系統(包括腦、脊髓和視神經)內，產生由粗糙結疤組織形成的散發性斑塊(plaques)，結果妨礙了神經衝動的傳遞所致的現象。正常的神經纖維外包著一層脂肪質——髓鞘，可以幫助神經衝動的傳遞。在多發性硬化症的早期，髓鞘會被侵蝕掉(此過程稱為髓鞘脫失，demyelination)，結果造成神經衝動傳導減弱或變異。更嚴重的，甚至會造成神經纖維的破壞，使神經衝動完全無法傳遞。多發性硬化症常見於氣候較冷的區域；例如加拿大溫尼伯市的罹病率，是美國南部新奧爾良市的六倍。此外，這種疾病也常在家族中盛行；但是，這也許是因為相同的環境影響所致，而非遺傳之故。

研究的發展方向

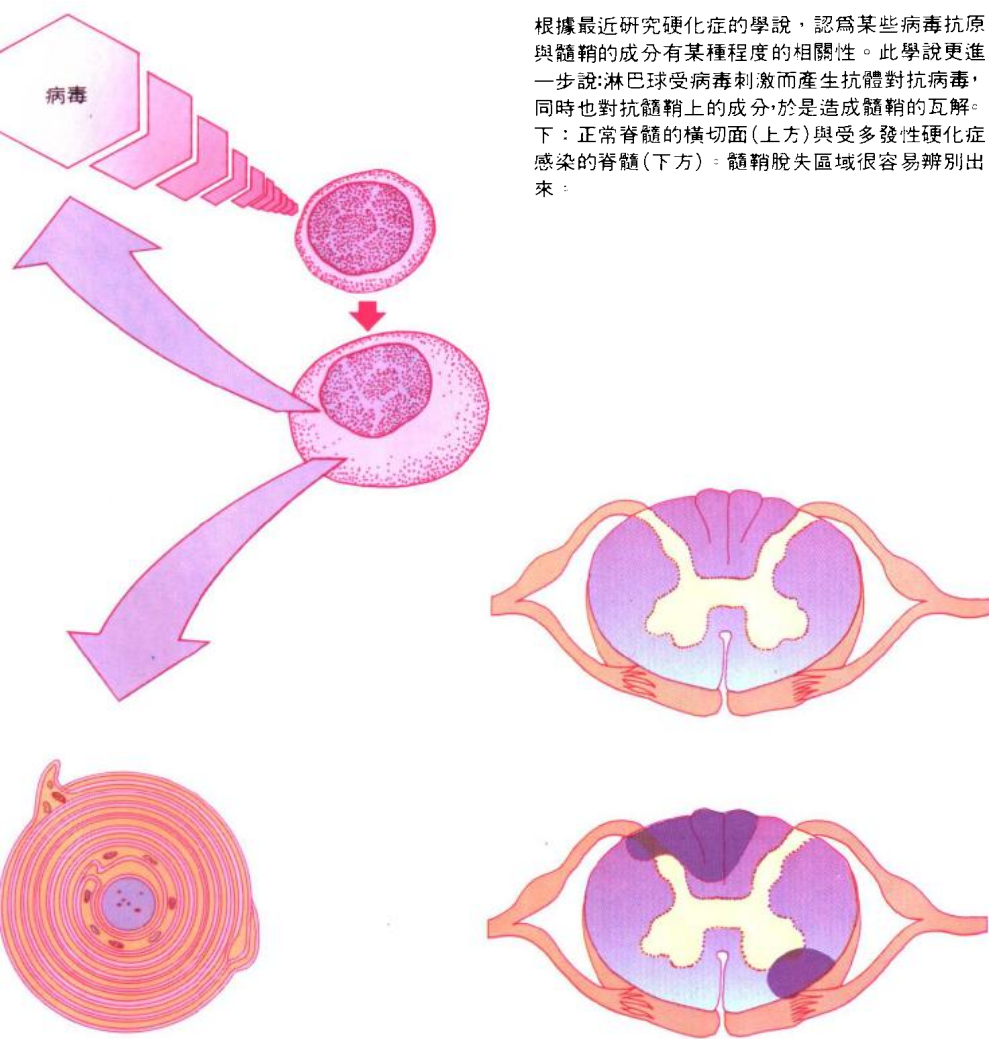
專家們認為要找出治療多發性硬化症的方法之前，必須先了解髓鞘脫失的成因。近年來，在免疫學(研究人體抵抗感染的防禦系統)與病毒學(研究病毒)兩方面，已有重大的發現。西元1978年，在美國芝加哥大學，由阿那森博士(Dr. Barry G.W. Arnason)領導的研究小組發現，在多發性硬化症發作之前，淋巴球(白血球的一種，是體內防禦感染的第一線)的某一種特殊類型會自血液中消失，然後當症



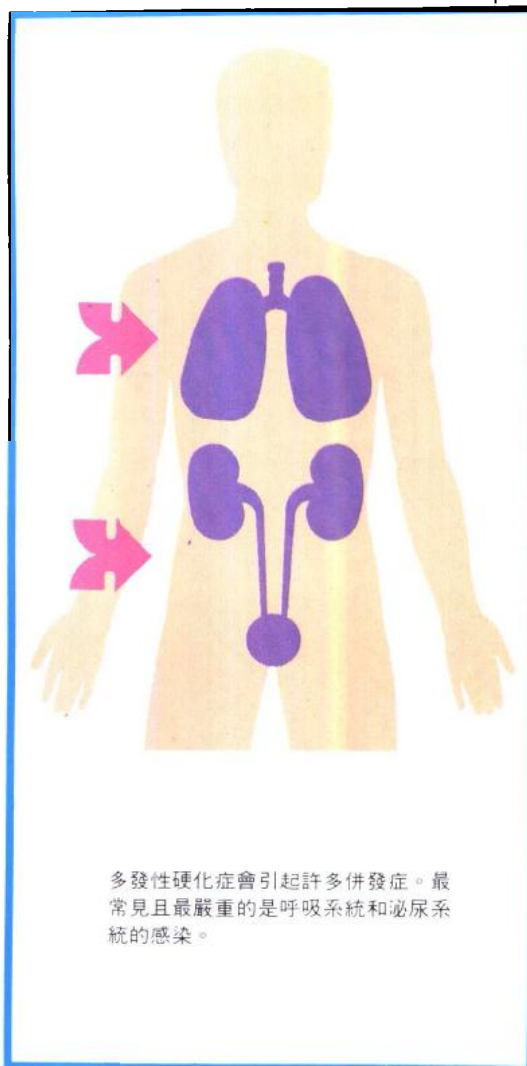
多發性硬化症是醫學上的一大挑戰。雖然在最近這一世紀，已經有許多發現，但是真正的成因仍不清楚。多發性硬化症的特徵在其髓鞘脫失；髓鞘遭侵蝕並形成團塊狀的結疤組織。左：神經細胞，更精確的說是運動神經細胞。軸突是源自細胞本體的長形構造，外包著由許旺細胞(Schwann cell)覆蓋住的髓鞘。



右：距細胞本體不同的距離顯示軸突與許旺細胞彼此緊鄰的情形：一連串的圖表示軸突與許旺細胞之間的關聯，A圖是指無髓鞘纖維，B、C、D則表示有髓鞘神經纖維的髓鞘形成會逐漸增加的情形。
上：被許旺細胞圍繞住軸突的電子顯微圖示。



根據最近研究硬化症的學說，認為某些病毒抗原與髓鞘的成分有某種程度的相關性。此學說更進一步說：淋巴球受病毒刺激而產生抗體對抗病毒，同時也對抗髓鞘上的成分，於是造成髓鞘的瓦解。下：正常脊髓的橫切面(上方)與受多發性硬化症感染的脊髓(下方)。髓鞘脫失區域很容易辨別出來。



多發性硬化症會引起許多併發症。最常見且最嚴重的是呼吸系統和泌尿系統的疾病。

狀減輕時，會再出現。研究指出，這種淋巴球是抑制性 T 細胞 (suppressor T-cell)。西元 1981 年，阿那森宣稱這種抑制性 T 細胞與寡樹突膠質細胞 (oligodendrocyte) 有相同的表面抗原。這項發現十分重要，因為寡樹突膠質細胞是維持並組成髓鞘的主要細胞。

阿那森研究小組大膽地設下假說：由血液中抑制性 T 細胞數目的改變，可以看出腦中的變化。同一年，有一項極重要的發現可用來支持此一假說；當時第一次觀察到淋巴球離開血液，進入了腦脊髓液中，此液體存在腦與中樞神經系統的外表，並和腦同時承受各式各樣的化學變化。雖然詳細情形還不清楚，但是研究人員認為在急性期(症狀最嚴重時期)的多發性硬化症，其淋巴球數目的變動與移動的

情形，必定與髓鞘脫失有相當重要的關聯。

其他研究趨向

對多發性硬化症患者屍體的解剖，發現與麻疹病毒和疱疹病毒的高發生率有關聯，由此顯示這些病毒在多發性硬化症上扮演某種角色。另一病毒學說認為多發性硬化症是由造成犬熱病(distemper)的病毒所引起的；這一學說是建立在西元 1943～1960 年間，歐洲北海上的弗洛依羣島 (Faroe Islands) 的 24 個病例發現上。西元 1900～1943 年間，此地並無多發性硬化症的病例，直到西元 1960 年也只有一个病例。本來當地的狗數量不多，但是在第二次世界大戰期間，弗洛依羣島上的英國軍官引進了大批的狗。因大戰的延續，

對外來狗的疫苗注射做得不夠徹底，於是發現在那時候養狗的人可能受犬熱病毒的感染，而增加了罹患多發性硬化症的機會。

多發性硬化症病人的生活

多發性硬化症病人會有時好時壞的病情；壞的時候病情會很嚴重，但在病症減輕時，有時候幾乎看不出有病的樣子。多發性硬化症所造成的殘廢程度因人而異。實際上，近年來研究發現多發性硬化症會使患者的平均壽命縮短百分之十五；然而，許多多發性硬化症病人常死於其他原因。一般經診斷為多發性硬化症的病人，平均而言都可繼續活 25 年以上，因此，這樣的病人大致均能組織家庭，並可擁有一個相當積極的生活。

夸克 Quark

科學家對於物質基本組成單位的探討，歷時幾乎與整個科學演進的歷史一般久遠；截至目前為止，已知構成物質的最小單位是夸克。早在 200 年前，英國化學家道耳吞(John Dalton)曾引用古希臘哲人迪莫奎特(Democritus)的論述，說明物質並不是永無止境地分割下去，這些微小的粒子稱做「原子」。

夸克的發現

約莫在本世紀初期，科學家發現原子並不是不可分割的，它們也是由一些更微小的粒子所組成。原子的內部，就像一個具體而微的太陽系，是由一些帶負電的微小粒子——電子——環繞著中央的球核而成，這個被稱為原子核的球核，質量比電子要大得多，它是由帶正電的質子和電中性(不帶電荷)的中子所組成的。

到了西元 1960 年代，在較為精密的儀器幫助下，科學家發現這兩種組成原子核的粒子，還可以被分割成更小的粒子。西元 1963 年，美國物理學家摩瑞·蓋爾曼(Murray Gell-Mann)猜測質子和中子是由三種微粒組成的，他將這些微粒命名為「夸克」。

剛開始的時候，這些夸克並不被視為真實的粒子。而僅被科學家用來當成一種抽象的觀念，利用這種觀念可以幫助我們了解許多科學上的現象。但是到了西元 1970 年代，由許多不斷增加的證據顯示，夸克的確是真實的粒子。不僅如此，甚至由於夸克的出現，可能會使得科學界對於組成物質最基本單位的研究暫時告一段落。夸克極可能就是迪莫奎特與道耳吞二氏畢生致力以求的「不可分割之原子」。

夸 克		
風 味	顏 色	電 荷
u 夸克	紅 綠 藍	+ 2/3
d 夸克	紅 綠 藍	- 1/3
s 夸克	紅 綠 藍	- 1/3
c 夸克	紅 綠 藍	+ 2/3
b 夸克	紅 綠 藍	- 1/3
t 夸克	紅 綠 藍	+ 2/3

反夸克		
風 味	顏 色	電 荷
- u 反夸克	青 紫 黃	- 2/3
- d 反夸克	青 紫 黃	+ 1/3
- s 反夸克	青 紫 黃	+ 1/3
- c 反夸克	青 紫 黃	- 2/3
- b 反夸克	青 紫 黃	+ 1/3
- t 反夸克	青 紫 黃	- 2/3

性 質	夸 克 的 種 類						強 子 質 子 p
	u		d				
自 旋 j	(1/2, 1/2)	+	(1/2, 1/2)	+	(1/2, - 1/2)	=	(1/2, 1/2)
電 荷 q	2/3	+	2/3	-	1/3	=	+ 1
重 子 數 b	1/3	+	1/3	+	1/3	=	+ 1
奇 異 性 s	0	+	0	+	0	=	0
魅 力 性 c	0	+	0	+	0	=	0

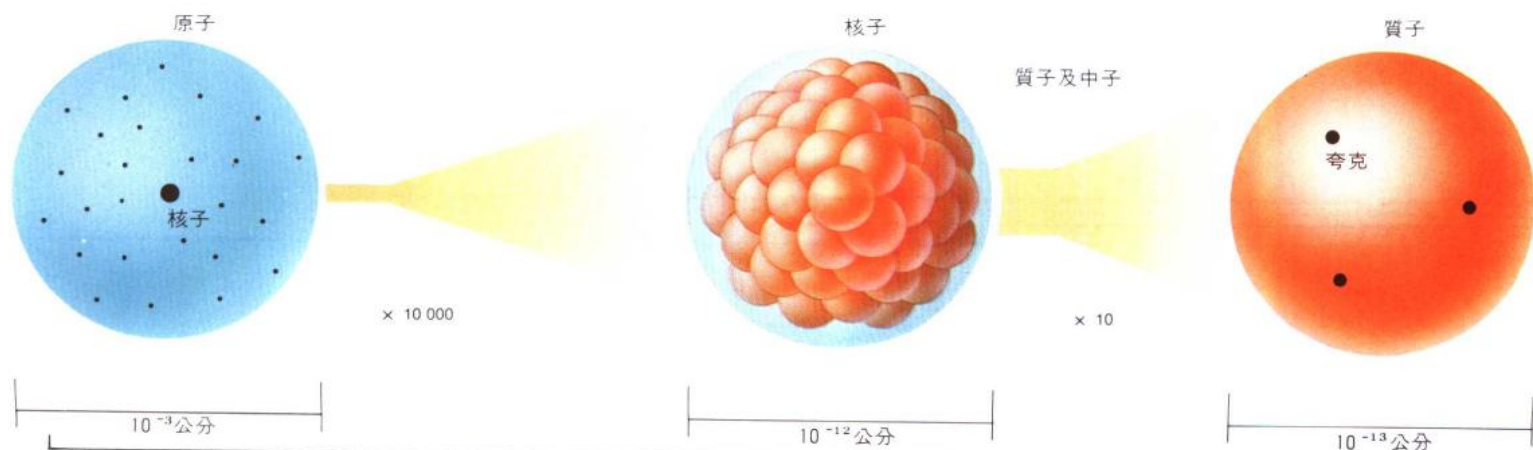
	u		-d		π 介 子	
自 旋 j	(1/2, 1/2)	+	(1/2, - 1/2)	=	(0, 0)	
電 荷 q	2/3	+	1/3	=	+ 1	
重 子 數 b	1/3	-	1/3	=	0	
奇 異 性 s	0	+	0	=	0	
魅 力 性 c	0	+	0	=	0	

	c		-u		π 介 子 (D ⁰)	
自 旋 j	(1/2, 1/2)	+	(1/2, - 1/2)	=	(0, 0)	
電 荷 q	2/3	-	2/3	=	0	
重 子 數 b	1/3	-	1/3	=	0	
奇 異 性 s	0	+	0	=	0	
魅 力 性 c	1	+	0	=	+ 1	

最上：表中列出夸克與反夸克的性質。最下面三個表則顯示夸克是以何種方式結合，而形成粒子。

下：組成物質的夸克與重子間的關係。

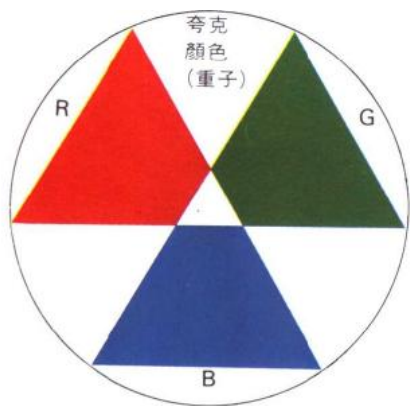
右：圖中顯示夸克是如何組成爲一些基本質點，像是質子、中子以及電子。



三個粒子族

就像動物一樣，次原子粒子也區分成許多不同的類別。其中最主要的三大類是：輕子(lepton, 比較輕的)、夸克, 以及一種能夠傳遞交互作用力的粒子——波色子(boson)。波色子包括有能夠傳遞電磁力的光子、傳遞弱作用力的 W^+ , W^- 和 Z 粒子以及能夠傳遞強作用力的八種膠子(gluon)。此外有一種極可能存在的重力子, 它能夠傳遞重力, 也是波色子的一種。

輕子因為和將原子核束縛在一起的強交互作用力無關聯, 所以只能在原子核外出



現。現有六種不同類型的輕子, 而且每種類型的輕子都是以單獨存在的型態出現於原子核外。

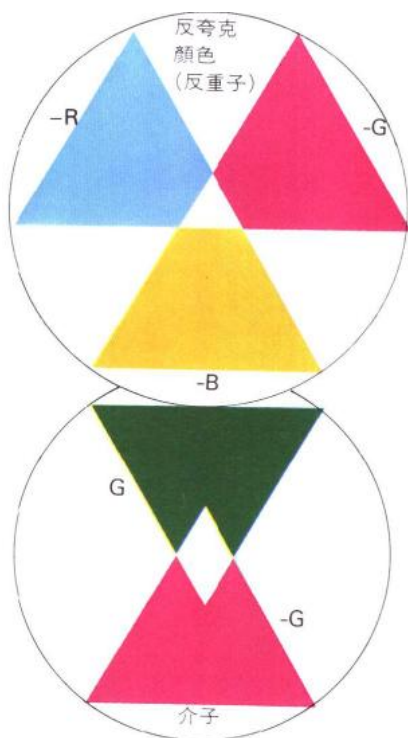
然而我們所發現的夸克, 却都是以成對的方式在宇宙內出現, 截至目前所知, 尚未有任何單獨的夸克被觀察到。

夸克跟輕子一樣, 也有六種類型, 通常我們將這些類型謔稱為「風味」(flavor, 這就好像冰淇淋可以依其不同的口味區分為——草莓、香草、巧克力等)。夸克的風味分別是: u 夸克(up quark)、d 夸克(down quark)、s 夸克(strange quark)、c 夸克(charm quark)、b 夸克(bottom

quark) 以及 t 夸克(top quark, t 夸克至今尚未被發現)。這些夸克能夠依其不同的風味, 來混合組成出超過一百種以上各式各樣的粒子。

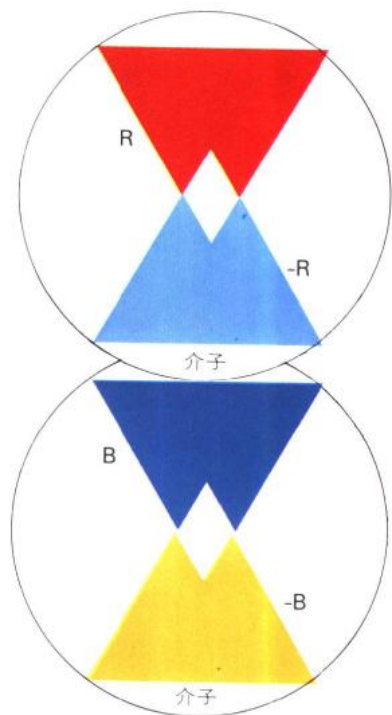
夸克間的特殊混合方式, 將決定那一種類型的粒子會被形成。舉例來說, 質子是由二個 u 夸克以及一個 d 夸克所組成的, 而中子則是由一個 u 夸克和二個 d 夸克組成的。因此我們可以說在這世上所有的物質, 幾乎都是由 u 夸克、d 夸克以及電子三者所組合成的。

任何由夸克所組合成的粒子我們都稱之為「強子」(hadron)。有些強子——像質



有一種最常用來描述夸克表像的模式, 我們稱之為袋子模型(bag model)。這種模型的假設是: 強子可被視為一個含有二個至三個夸克的微小袋子。袋中的夸克數量是由強子的類別——重子或是介子——來決定。夸克能夠恣意的遊蕩徘徊在袋中的任何一個地方, 但是由於受到強作用力的限制, 使得它們彼此間的距離無法拉得太遠。

夸克能夠經由核子反應由一個袋子跳躍到另一個袋子(亦即由一個強子改變成另一個不同的強子)。然而這樣的反應必須要有一個先決條件, 就是袋中至少要有



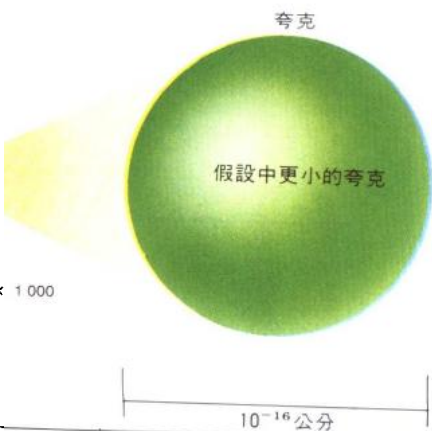
子與中子——是由三個夸克所組成, 我們稱這類強子為「重子」(baryon, 比較重的), 而另外有些由二個夸克(嚴格的說, 就是一個夸克和一個反夸克)所組成的強子我們稱之為「介子」(meson, 質量中等的)。

粒子的性質, 往往是由組合成它們的夸克彼此間的混合特性來決定。就拿質子來說, 每一個 u 夸克帶有 $+2/3$ 的電量而 d 夸克則帶有 $-1/3$ 的電量, 因此由二個 u 夸克與一個 d 夸克所組成的質子, 便帶有 $+2/3 + 2/3 - 1/3$ 或 $+1$ 的電量。中子因為是由一個 u 夸克和二個 d 夸克所組成的, 所以應該帶有 $2/3 - 1/3 - 1/3$ 或 0 電量。

個以上的其他夸克存在其間, 否則這種反應就不會產生。

有些科學家懷疑夸克和輕子可能和原子一樣, 是由更微小的粒子所構成。由於一系列的夸克和輕子不斷的被發現, 更讓我們懷疑它們是否真的是組成物質的最基本單位。

新發現的夸克都比先前發現的重, 也就是說, 新一代的夸克都比上一代的夸克來得重些。最輕的是 u 夸克與 d 夸克, 次為 s 夸克與 c 夸克, 最重的是 b 夸克與 t 夸克。這種現象意味著某些較重的原子核可能是由更多的質子與中子所組成的。「到底這個世界是由什麼東西組成的?」答案可能就在目前已知的夸克與輕子身上。即非如此, 透過對於夸克與輕子的研究, 或許我們會因而得到更新的收穫。



夸克的袋子模型

安全系統(工廠) Safety System, Factory

假如工廠採取防範措施，那麼因意外而產生的傷亡將大為減少。事實上，近幾十年來，這種安全防範措施已廣受工廠經營者所重視，因此，傷亡率已逐年降低。

讓工作人員穿上防護衣著，將可避免許多傷害的發生；以金屬或是硬度很高的塑膠做成的安全帽，可用來保護工作人員的頭部，以免受到掉落物品或碰撞的傷害。大部分的工廠為了告訴員工們在這些場所要戴安全帽，都貼上警告標語「您已進入安全帽區！」

護目鏡可用來保護眼睛的安全，免受化學物品噴濺，或從砂輪裏飛出的碎屑及火花所傷。有些護目鏡的鏡片是暗色的，目的是保護從事銲接工作人員的眼睛免受強光傷害；也可保護在鼓風爐旁邊工作人員的眼睛，免受光和熱的傷害。

對於某些特殊的工作，像是軋鋼廠的工作，員工必須從頭到腳穿戴全副的防火衣，甚至臉上也要戴著透明的護面裝置。但對於某些工作而言，員工只需保護一些特定的身體部位即可，譬如使用手套讓工作者的雙手免受炙熱的金屬、碎片、腐蝕性的化學品，及其他危險物品所傷害；或是穿上特製硬頭的鞋子，免得重物墜落時打傷工作人員的腳趾頭。

而某些工作，則必須準備防毒面具及氧氣供應裝置。例如工作人員進入儲藏槽或大型垃圾箱內，或在劇毒性氣體和化學品瀰漫的場所內工作，都必須穿戴防毒面具，有時還需要氧氣筒。如果工作環境裏有很多灰塵、漆霧或其他微小的物質，則必須戴上防塵面罩來維護人體呼吸系統的健康。

工廠的建築

工廠內有許多建築都必須通過安全檢查，並符合政府規定的安全條例。所有的工廠都必須有防火救生梯，電梯的門能自動上鎖；凡是危險的機器或是地板上有洞口都必須加設欄杆以策安全。至於工作場所則必須整齊清潔，所有的走道必須夠寬

敞以便利人員或物品出入，不致因障礙而發生危險。使用電器設備必須安全第一，例如暴露在外電線就很危險；電源開關的盒子必須安裝在使用方便的地方，而高壓電區域則要貼上醒目的警告標示。

火常會帶來災害，所以廠房內一定要有緊急警報器、防火裝置、滅火器以及有關的防護設備。所有的出口通道也都要標示清楚，員工更必須定期接受防火訓練。

化學品

很多化學品都具有極大的危險性。例如有些東西具有毒性、有些東西極為易燃，有些甚至具有爆炸的危險性。工作人員在使用或處理這些危險的化學品前必須接受嚴格的訓練。

使用易燃性化學品時，一定要選擇一處安全場所，不但四周圍要有防火牆及天花板，而且絕對禁止抽煙，並要留意遠離電花，以免起火。若是不用時，必須要存放在緊密不易著火的容器內。

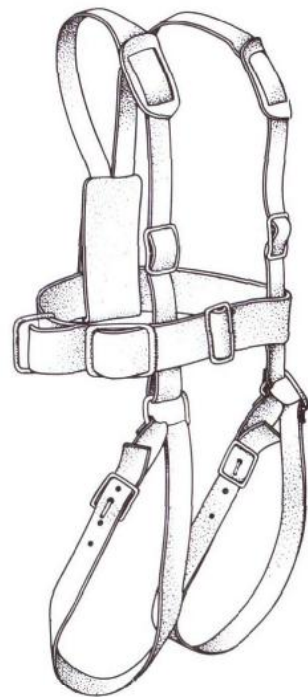
裝有毒性化學品的容器一定要標示清楚，並在標籤上註明其解毒劑，同時在上面畫上一個很明顯的骷髏頭及交叉的骨頭以示警，再存放在可以上鎖的地方。同時使用的容器一定要能防漏，而放置這容器的地方也要是密閉的，萬一容器不小心打破了也沒有危險。

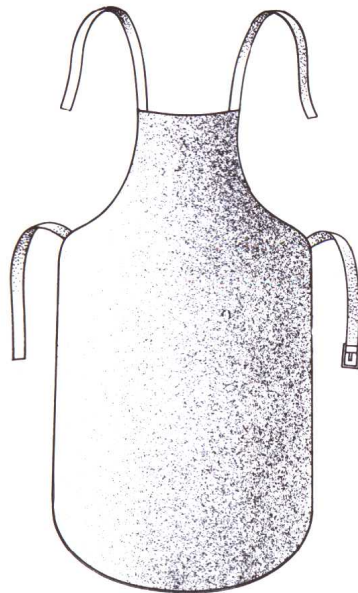
放射性物質

放射性物質是最難處理的危險物品之一。一般用來存放這些放射性物質的容器，器壁要相當厚，才能防止放射線外洩。通常危險性極高的放射性物質在處理上都必須仰賴各種型態的機器人或是可以遙控的機械裝置來操作，實際工作人員只准靠近放射性物質一會兒，因為此類物質在人體內累積，對健康有礙。另外，在放射性物質可能外洩地區，必須裝設儀器及預警系統以便全天候監視放射線的情況，若有異常能立即發出警報示警。



上圖是安全繩索，下圖是兩款安全背帶。它們都是供在建築物外面或很高的台架上工作的人員所使用，防止他們從高處跌落。





上：以鉛做裏襯的圍裙，
用來保護從事有關 X 射線
的技術人員，以免暴露在
放射線下。
右上：質量極輕的橡皮手
套，用於處理一些牽涉有
毒或有腐蝕性物質的精密
工作上。



防護衣是用來保護那些在危險環境
下工作的人員。右：可耐高溫的防
火衣。左上：防毒衣具；左：一種
保護在具有腐蝕性或劇毒性塵埃中
工作的人員的安全服。
下：從左至右，都是國際標準的警
告標誌，許多國家都使用這些標誌
來警告可能發生的危險。



浩瀚的宇宙，是人類所知最大科學的實驗室。自古以來，人們仰望星空，對天上的星體就懷著一份好奇心，至今人類仍然不斷地在探尋這些天體的形成、誕生和演化的奧秘。由於文明的進步和知識的累積，研究科學的方法和儀器日新月異，但是對於整個宇宙的了解，卻仍然停留在起步階段。從早期的希臘文明，到歐洲的物理學家伽利略、牛頓和赫歇爾(Herschel)等人，至今，仍在不斷地研究和探尋宇宙的根源，也就是所謂的宇宙論(cosmology)。

簡單的說，宇宙論就是在研究有關宇宙

有一項很有意義的結果，那就是從每個銀河所發出來的光，在光譜上都有向紅光區域偏移的情形，也就是紅位移(red shift)；這是一種光學上的都卜勒偏移效應(Doppler shift)，這種效應表示這些發光體都正朝著某一方離我們遠去，為了解釋這種效應，可舉例說明如下：假設有一輛鳴著汽笛的火車正在遠離我們，則所聽到的汽笛聲會變得比較低沉，也就是說它的頻率變低了；而在光學上也是同樣的道理，如果發光體正在遠離，則我們接收到的光頻率會變低，就相當於光的波長向紅光區域偏移。

大爆炸

今日大部分的天文學家都相信，在很久很久以前，由於某些變故，產生一個霹靂般的爆炸，使得宇宙開始長期的膨脹。這種看法是所謂的大爆炸宇宙演化論(big-bang cosmogony)。這種學說認為由於一開始的爆炸，引發了一連串的反應，因此產生了原始的氦(primordial helium)和氫；同時也促使早期星球的形成。有一位物理學家伽莫(George Gamow)認為，在大爆炸發生後的物質——他稱之為原質(ylem)——是一羣密集的不活潑原子核，當宇宙膨脹，溫度開始下降，從幾十



左：英國喬特爾沿岸的無線電望遠鏡，它可收集來自宇宙最遙遠處的訊號。

右：宇宙最大物質到最小物質的大小比較圖。

的演化、結構和平均密度的一門學問，為了著手於這麼廣大的研究範圍，一般的座標系都不再適用。舉個例說，地球對人類而言雖然很大，但對銀河系而言卻只是一個微不足道的小塵埃，而宇宙中又包含了數十億個銀河。因此，很難想像人類如何去研究這麼大的宇宙。但事實上一般宇宙論學者，由於不斷地努力，在這方面已經達成了許多非凡的成就。

紅位移

在西元 1912 年，有一位叫史立佛(V. M. Slipher)的物理學家，開始對銀河系所發出的光，作一系列廣泛的研究。其中

從紅位移的研究，可以推論本銀河附近的銀河系都正在以高速度遠離，這是否意味著宇宙中的所有天體都正在遠離我們？或是宇宙中的天體都在彼此遠離？宇宙是否正在膨脹呢？在西元 1920 年代中期，哈勃(E. P. Hubble)的研究為這些問題提出了肯定的答案。他在美國帕洛馬山利用 510 公分口徑的望遠鏡觀測，發現所有的銀河都正在遠離我們，而且遠離的速度和我們的距離成正比。換句話說，離我們愈遠的銀河系，正以愈快的速度遠離我們(指銀河系)。這顯示出宇宙的確在膨脹中，但是，宇宙是從何時、何處開始膨脹的呢？這個問題仍然困擾著天文學家。

億度降到幾百萬度，再降到幾千度時，這些原子核開始彼此碰撞，而產生了重氫和氦。而一般所說的原始宇宙，就是指大爆炸剛開始時；這個大爆炸，可能在大約 200 億年前發生的。

穩定宇宙論

和大爆炸說不同的另外一派學說是穩定宇宙論(steady-state theory)。這是由一個英國天文學家金德(Thomas Gold)所提倡的，這派學說最特別的一點，是主張宇宙在需要的時候會「無中生有」地創造出氫來，這個主張是為了解決在膨脹宇宙中，物質的密度愈來愈小的問題，因為這

宇宙：人類所知的最大物體，包含數十億個銀河，總質量大約是 10^{54} 公克。

銀河集團：由數千個銀河所組成，質量大約是 10^{47} 公克。

銀河：包含1千億顆星球，質量可以高達 10^{44} 公克。

星球：由基本粒子和原子所組成，質量大約是 10^{33} 公克。

固體：由原子所組成，1立方公分的固體大約包含 10^{24} 個原子。



原子：原子核外有1~100個電子圍繞，整個原子的體積大約是原子核的10萬倍。



原子核：原子的中心，包含100~300個重子。



重子：形成原子核的粒子，每一個的質量大約是 10^{-24} 公克。



夸克：為物質的基本粒子。



行星：由固體、液體和氣體物質組成，質量有 10^{27} 公克。



宇宙有多大？

地球是環繞太陽的行星之一；太陽對銀河系而言亦微不足道，而整個宇宙又包含有無數多的銀河。從地球上的每一個方向均可看到數十億光年外的宇宙，整個宇宙的直徑大約是 10^{23} 公里，而最小的基本粒子直徑只有 10^{-14} 公分，質量只有 10^{-24} 公克。

個問題實際上會使得物質永遠地向外拉扯擴張。而宇宙如果能無中生有，產生新的物質來彌補因膨脹而多出來的空間，則密度將永遠保持一定，物質也將穩定地存在。雖然勾德這種無中生有的主張，和一般所熟知的物理定律不合，但是的確也能解決一些宇宙中的問題，尤其是在解釋宇宙的等方性膨脹(isotropic expansion,意即均勻且一致的膨脹)方面。穩定說的推論是宇宙的演化沒有盡頭，而其他各派宇宙論所主張關於宇宙未來的結果，有的是不斷地膨脹，有的是最後再收縮回來，甚至是週而復始地膨脹、收縮，對於這些演化終極的推論，科學家們不敢肯定那一種才是正確的，因為要從我們所生活的現在，去肯定以前和未來，的確是很困難的事情。

背景輻射和原始的氦

有一些觀測上的證據支持大爆炸說，其中之一就是背景輻射(background radiation)；這是在西元 1965 年所發現的，在

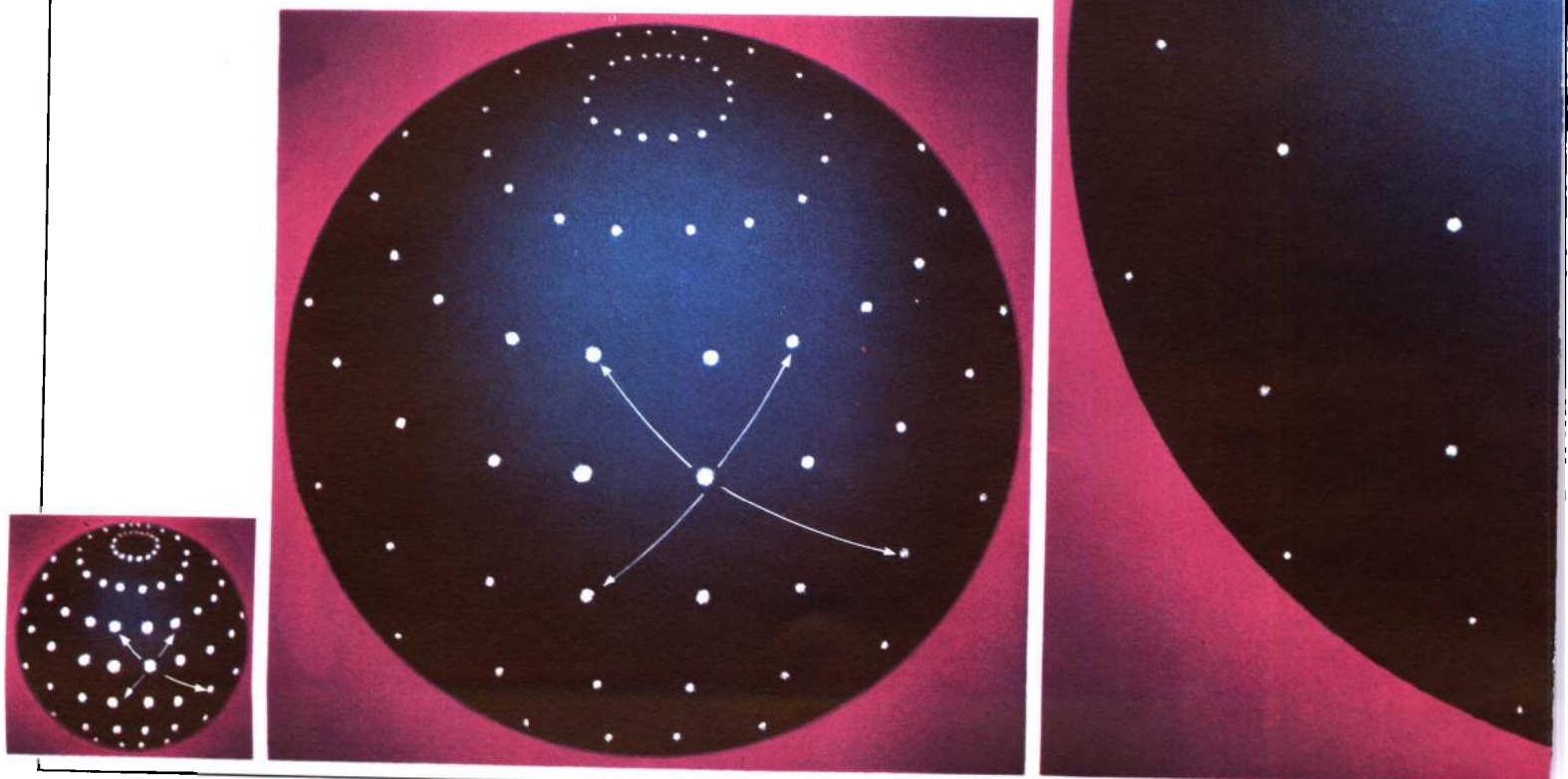
宇宙中有一種等方性而且均勻的微弱輻射，如同整個空間的背景一般。科學家們現在相信這種微弱的輻射是大爆炸所引發遺留下來的。而理論上預測如果是 200 億年前的大爆炸，其推論的結果也和偵測到的輻射數據一致。

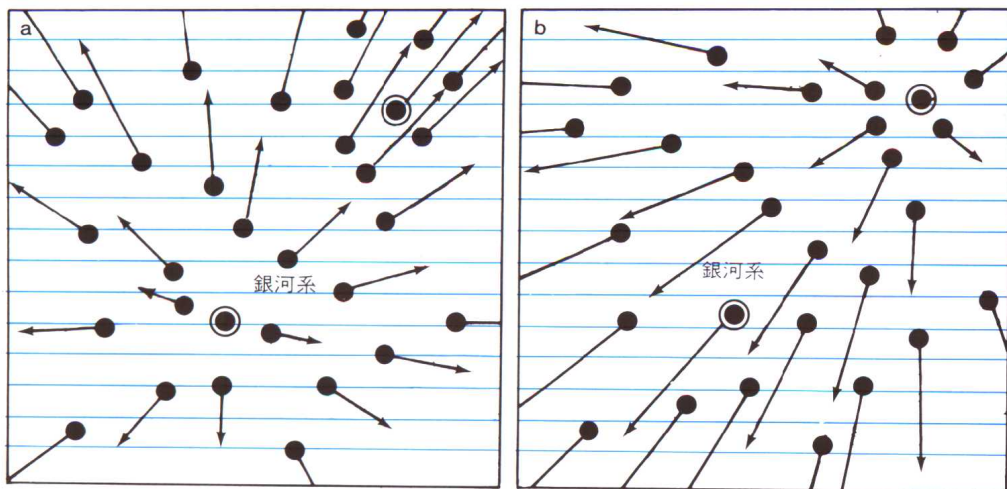
另外一個支持大爆炸說的證據是，在年老星球核心中存在著大量的原始的氦。如果氦只能靠星球演化時，內部的核子反應才能生成，則年輕星球的氦含量，應該較年老星球多很多。這個道理很簡單，因為早期星球形成時，所形成的雲氣中氦含量不多，可是慢慢地，當這些星球演化並反應合成氦、再死亡、爆炸後，這些含較多氦的殘骸就分佈到其他的雲氣中，當新的星球再由這些雲氣形成時，其內部含氦量就應該愈來愈多。但是科學家對很多星球做過光譜分析後，卻發現早期形成的星球，也含有大量的氦。能解釋這種現象說法的是：因為大爆炸時產生原始的氦，因而使得早期形成的星球也含有大量的氦。

開放的宇宙

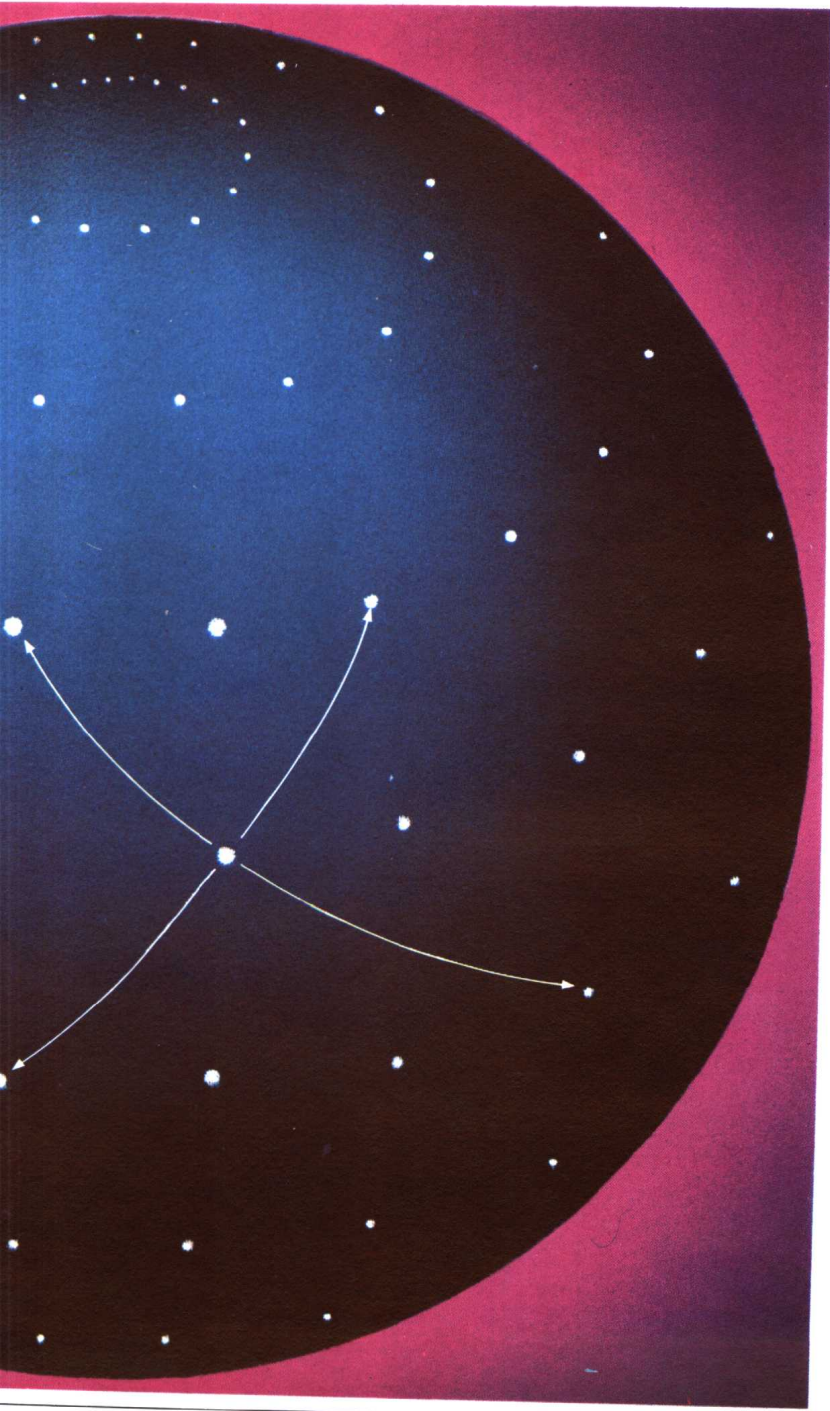
人類所處的宇宙，可能是科學家所稱開放的宇宙(open universe)，也就是說，這個宇宙永遠向外膨脹，而沒有界限。和這種說法相反的是封閉宇宙，即是到達某一點後，宇宙會停止膨脹，並向內收縮。在一個開放的宇宙中，「無限」是一個很自然的名詞，但卻是很難以想像的。科學家們也不了解，宇宙為什麼是這樣的一個形態？

下及右：假想的平面宇宙連續放大圖，可以看出宇宙中的每一個亮點都一步一步地彼此遠離。





銀河之間的彼此膨脹，隨觀測點的不同而異。在 a 圖中，觀測者站在銀河系中，b 圖中觀測者在另一個銀河上，箭頭的大小和方向表示所看到其他銀河遠離速度的大小和方向。



	距離(光年)	速度
室女座	43,000,000	12,000公里/秒
大熊座	560,000,000	15,000公里/秒
北冕座	726,000,000	21,000公里/秒
牧夫座	1,290,000,000	39,000公里/秒
長蛇座	1,960,000,000	60,000公里/秒

上：不同天體的光譜圖，顯示出它們不同的紅位移程度，從圖中可以看出，離地球愈遠其遠離的速度也愈大。

宇宙(起源) Universe, Origin of the

人們常常問天文學家一個問題：宇宙的起源是什麼？似乎是很簡單的問題，但事實上卻是一個最複雜的問題，自古以來就是一個難解的謎。從古代人類疑惑地仰望星空，到今日使用最進步望遠鏡的天文學，都在探索這個問題的答案，而且也曾有很多種不同的說法，嘗試著來解答這個問題。

宇宙論

研究宇宙的起源，原是天文學中宇宙進化論的範圍，但現在已經劃分得更細，例如天文物理是專門研究行星、星球和恆星系等的起源、演化；宇宙論(cosmology)則專指研究整個宇宙的誕生及演化。宇宙

論所涵蓋的範圍，在天文學上引起了熱烈的爭論。另外在天文學上所牽涉到哲學和神學的問題，也是屬於宇宙論的課題。

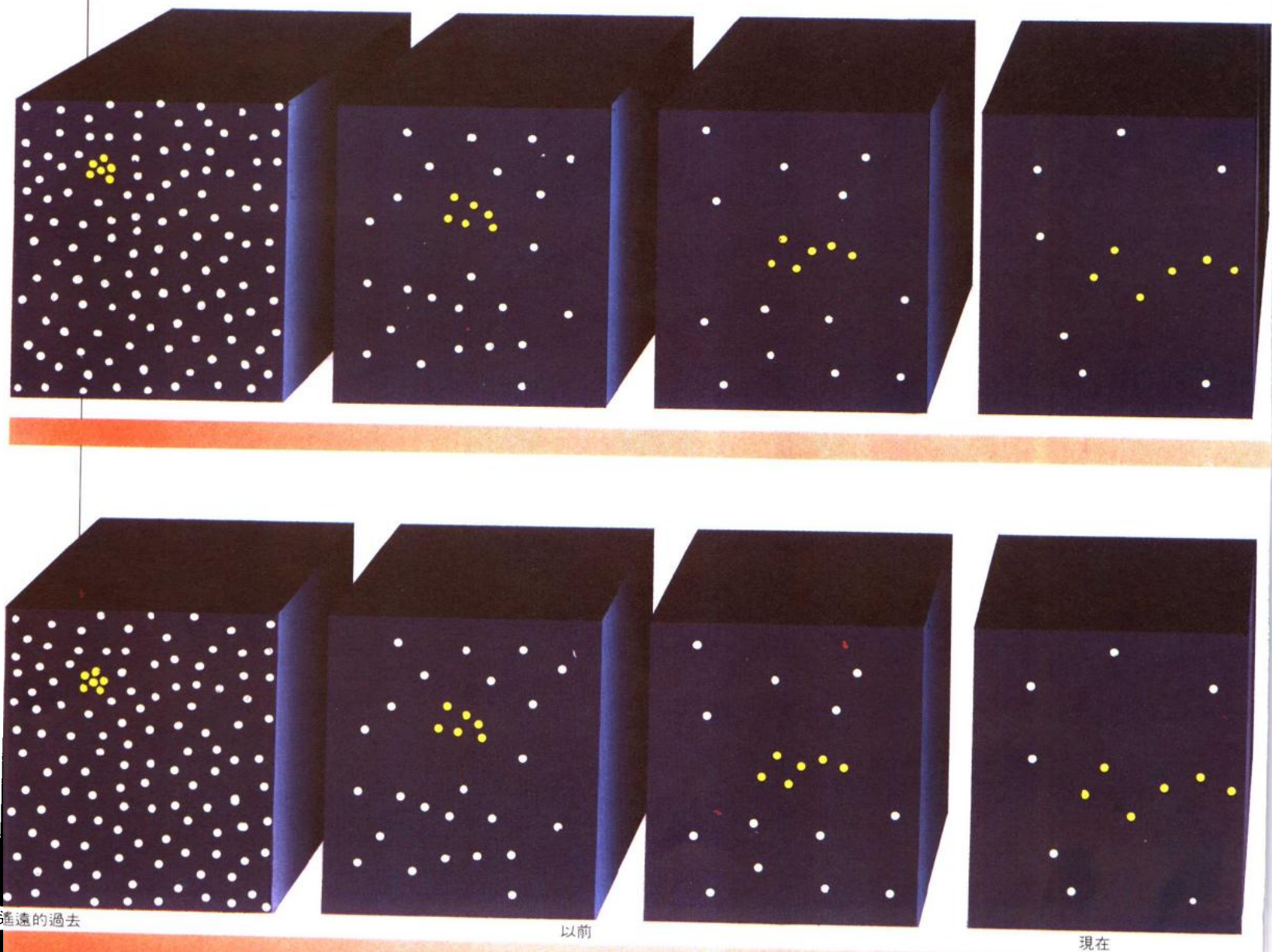
近年來，在宇宙論上最引起爭議的是美國天文學家哈勃在西元 1929 年所提出的研究報告。根據他的研究，所有的銀河系都正在以異常的速度遠離我們，而且愈遠的銀河其遠離速度愈快，而且由此所得到的結論是整個宇宙正在膨脹(每個銀河都在彼此遠離中)。這個理論現已為一般的科學家所接受。

大爆炸

一些二十世紀的天文學家——例如喬治·伽莫，曾經推論既然銀河正在彼此遠

離，很自然地可以想像出，在過去的某個時候、某個地點，所有的銀河必然都聚集在一起。將所觀測到的銀河距離和遠離速度加以計算，他們建立了一套理論；大約在 200 億年前，所有的物質都集中在一起，由於巨大的重力作用這些物質幾乎收縮成一個點，密度接近無限大，當有一個大霹靂般的爆炸產生時，宇宙就誕生了，並隨著這爆炸不斷地向外急速膨脹。今日所看到宇宙仍在膨脹的現象，就是這大爆炸的殘餘效應。這就是宇宙論中的一派——大爆炸說(big-bang theory)的宇宙起源論。

穩定宇宙論

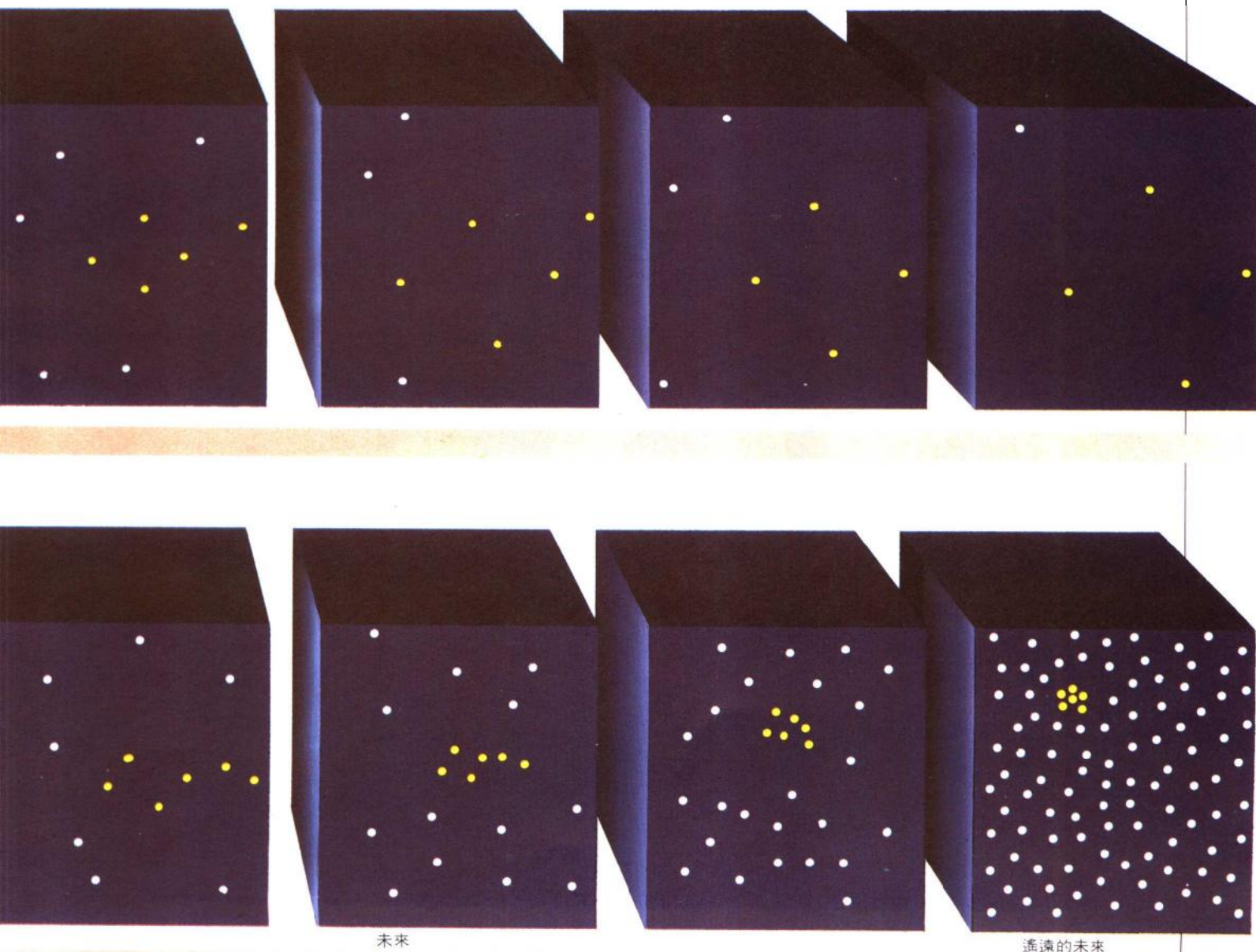


早期對於銀河之年齡、距離和遠離速度的計算方法，事實上並不精確；甚至用不同的方法可以得到銀河年齡大於宇宙年齡的矛盾結果。由於這個差異和其他一些問題，因此引出了另一派的學說，即所謂的穩定宇宙論(steady-state theory)。他們主張宇宙沒有起源，它是永恆而且穩定不變地存在；在銀河際空間中，會無中生有地創造出物質，以填補因膨脹而多出來的空間，而使得過去、現在和未來的宇宙其密度都一樣。也就是說宇宙有一段無限長的過去，和無限長的未來。

穩定宇宙論在 30 年前曾經風行一時，但是近年來卻受到愈來愈多的懷疑。例如曾是穩定宇宙論倡導者之一的霍伊爾

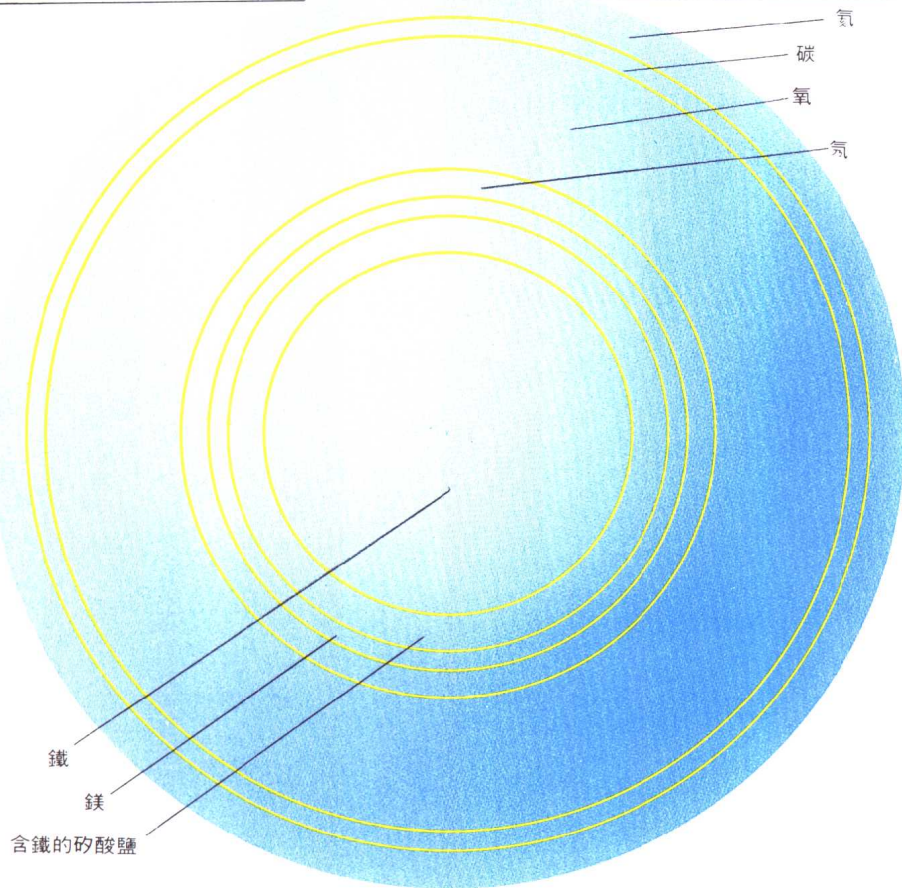
(Fred Hoyle)現在都持保留態度。原因之一一是計算距離和遠離速度的方法進步了，所計算出宇宙的年齡確實比地球和銀河的年齡大。但是最主要的因素卻是西元 1965 年彭齊亞斯(Arno Penzias)和威爾遜(Robert Wilson)發現宇宙間存在有 2.7°K (K 是絕對溫度，理論上完全真空時的溫度是絕對零度)的背景輻射(background radiation)。遠在這發現之前的許多年，伽莫夫(大爆炸說倡導者之一)就曾預言大爆炸會遺留下背景輻射。既然有背景輻射存在，可以推論宇宙以前溫度必定較現在高，而密度也較大，這顯然和穩定宇宙論的主張不合。

下：這是兩種不同的宇宙膨脹模型圖，兩者都是從一個高溫高壓的初始狀態開始膨脹。上層的模型表示宇宙會永遠向外膨脹，而沒有任何界限，即是開放的宇宙。下層的模型表示宇宙最後會向內收縮，即是封閉的宇宙，在封閉的宇宙，雖然範圍很大，但却是有限的大。

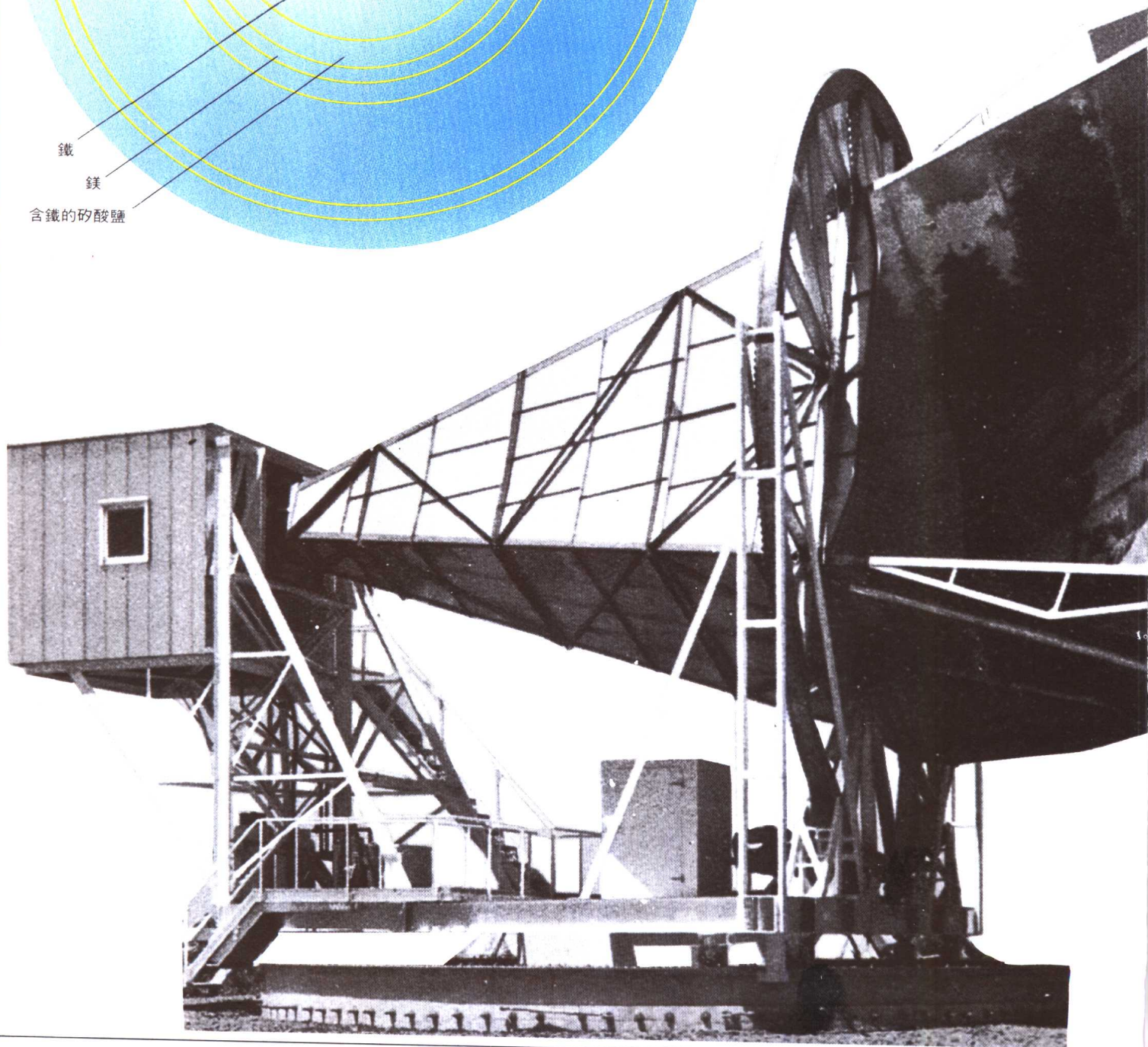


未來

遙遠的未來



左：超新星爆炸的剖面圖。由於星球內部的核子反應，使得氫變成較重的元素，例如氧、鎂、鐵等。部分的氫也會合成氦，但這却不足以構成宇宙中現存有大量的氫。這麼多的氫主要是在大爆炸發生後，因高溫和高壓的狀況所造成的。





左：片吉雅和威爾遜發現背景輻射所用的微波天線，背景輻射的波長大約是 7 公分，這是大爆炸的餘留效應。

上：無線電波源——大部分是魁絜和無線電銀河。使用無線電望遠鏡可得到這些訊號。這些天體都十分遙遠，有些甚至在宇宙初生時所發出的光，現在才到達地球。

大爆炸之前

大爆炸說主張宇宙的誕生，開始於一個高密度的點爆炸。於是有些人自然地會問起：那麼在大爆炸之前又是什麼呢？有些科學家將這個問題推給神學家和哲學家去處理；有些則更進一步的假設宇宙是週而復始的，也就是當它膨脹到某一程度後，就開始收縮，直到整個宇宙又成為一個緊密的點，然後又是另一次的大爆炸，使得宇宙再度地膨脹。但是到現在為止，天文學家尚未肯定整個宇宙總質量的重力效應，是否足夠使得膨脹停止而向內收縮。這個複雜的問題尚在不斷地研究中。

關於宇宙起源的解釋，還不是十全十美，人類尚未到達解決整個問題所需的知

識領域。法國科學家亨利·波印卡(Henri Poincaré)，在西元 1913 年的著作中，有一段話足以適切地說明這種情形：遠在時機尚未成熟時，人類即迫切地想要解決這個問題……與其漫長的等待，不如先提出一些假設的答案。

但是，這個正確的答案也許永遠都得不到。

宇宙的大小

宇宙理論的性質大體上可以了解，但實際的宇宙大小和總質量則須依實際觀測來做決定。這與行星軌道為橢圓形，太陽為其焦點之一的理論為大家所熟知，但軌道大小與行星質量等，需要依觀測求出之理

論相同。

根據一般相對性原理，沒有物質的空間是沒有彎曲的平面空間，如此空間向同一方向彎曲，而有多量物質的空間，必會更加彎曲，空間會形成封閉的有限度宇宙，所以宇宙的物質愈多，半徑愈小。

真正的宇宙形狀依理論尚無法明瞭，當然須依觀測來決定，但到現在為止，觀測資料尚不足以說明。因此決定宇宙大小的最簡單方法就是依四度空間的球來表示其

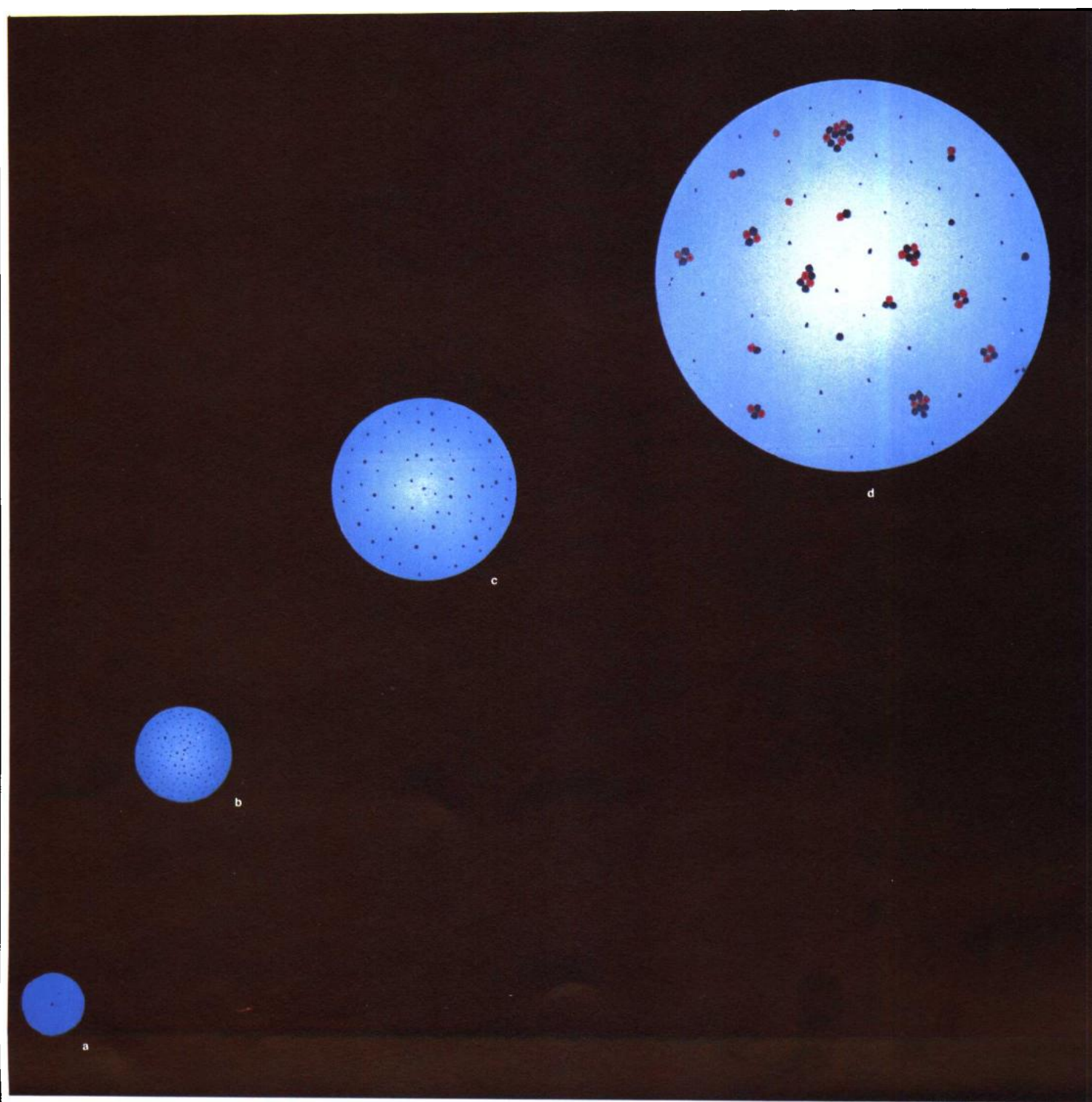
半徑(球狀宇宙)。

根據計算宇宙的平均密度為 3×10^{-30} 公克/立方公分，最近奧爾特發表為 3×10^{-31} 公克/立方公分。依此值的宇宙半徑應為 630 億光年，質量為太陽的 6.3×10^{23} 倍。

現在我們可以觀測到的最遠銀河距離約為 160 億光年，以如此程度的觀測能力，要觀測宇宙邊緣是不可能的。

右：宇宙中各種化學元素的含量圖，一般而言，原子序愈大的元素含量愈少，從圖中也可看出存在有數量極多的氫。

下：宇宙誕生時的情形：(a)整個宇宙的能量都以光的形態存在，(b)最初的基本粒子產生了，(c)最初的質子出現，(d)氦原子核形成，(e)最初的原子形成，(f)目前的宇宙。



宇宙論 Cosmology

宇宙論簡單地說就是研究宇宙的起源、未來及本質的一門學問。無疑地，自古以來不管是以肉眼或是用望遠鏡觀測，人類都會經對這奧秘的宇宙起源提出許多充滿幻想的解釋。巴比倫人相信地球是宇宙的中心，它像一座高山，有一層堅硬的蒼穹覆蓋其上，蒼穹外則充滿了海水，當這些海水落下來時就是下雨了。

早期的希臘人也是以地球為宇宙的中心，但是也有例外，在西元前 500 年左右，有一位叫費拉勞斯(Philolaus)的學者，他認為地球每天環繞著一團「中心火」運行，而太陽的光就是反射這團火的。到了西元 140 年，希臘天文學家托勒密建立了一套托勒密系統(Ptolemaic system)來說明宇宙結構，這套系統一直沿用到十八世紀末期。他認為地球位於宇宙中心，而太陽、月球、水星、金星、火星、木星和土星則以圓形的軌道環繞地球。

哥白尼的學說

在西元 1543 年，波蘭的一位天文學家哥白尼首先對托勒密的看法提出異議，發表了有關地球公轉的理論，在當時曾受到科學界和宗教界的反對。他認為太陽才是宇宙的中心，地球只是繞其運行的行星而已，打破了人們一貫以地球為中心的想

法。

銀河系的發現

從哥白尼的學說被接受之後，大約有數百年之久，一般都認為太陽系是宇宙的中心。十八世紀時，英國有一位天文學家赫歇爾(William Herschel)不僅觀測到本銀河系(Milky Way)的形狀，也發現星雲(nebula，一種發亮的雲氣狀天體)的存在，因此他預言在本銀河系外可能還有別的銀河系(galaxy)。自古以來宇宙的範圍從太陽系、銀河系，終於推到真正無涯的宇宙了。

但是，更進一步的觀測證明，要等到望遠鏡的改良後才得以實現。西元 1918 年，美國天文學家哈勃首先使用精密的望遠鏡，對遙遠的天體做深入的研究，他證實了赫歇爾所看到的星雲的確是遙遠的外銀河系。到了西元 1920 年已經發現大約 500 萬個的外銀河系，加上後來不斷地發現(例如使用美國加州威爾遜山天文台的 250 公分口徑望遠鏡觀測)，一共證實了近億個外銀河系的存在。(這些外銀河系簡稱為銀河)近年來由於光學望遠鏡和無線電望遠鏡的發展，又發現了幾百萬個銀河，而每一個銀河都極為龐大，包含了數兆個如太陽一般的恆星。

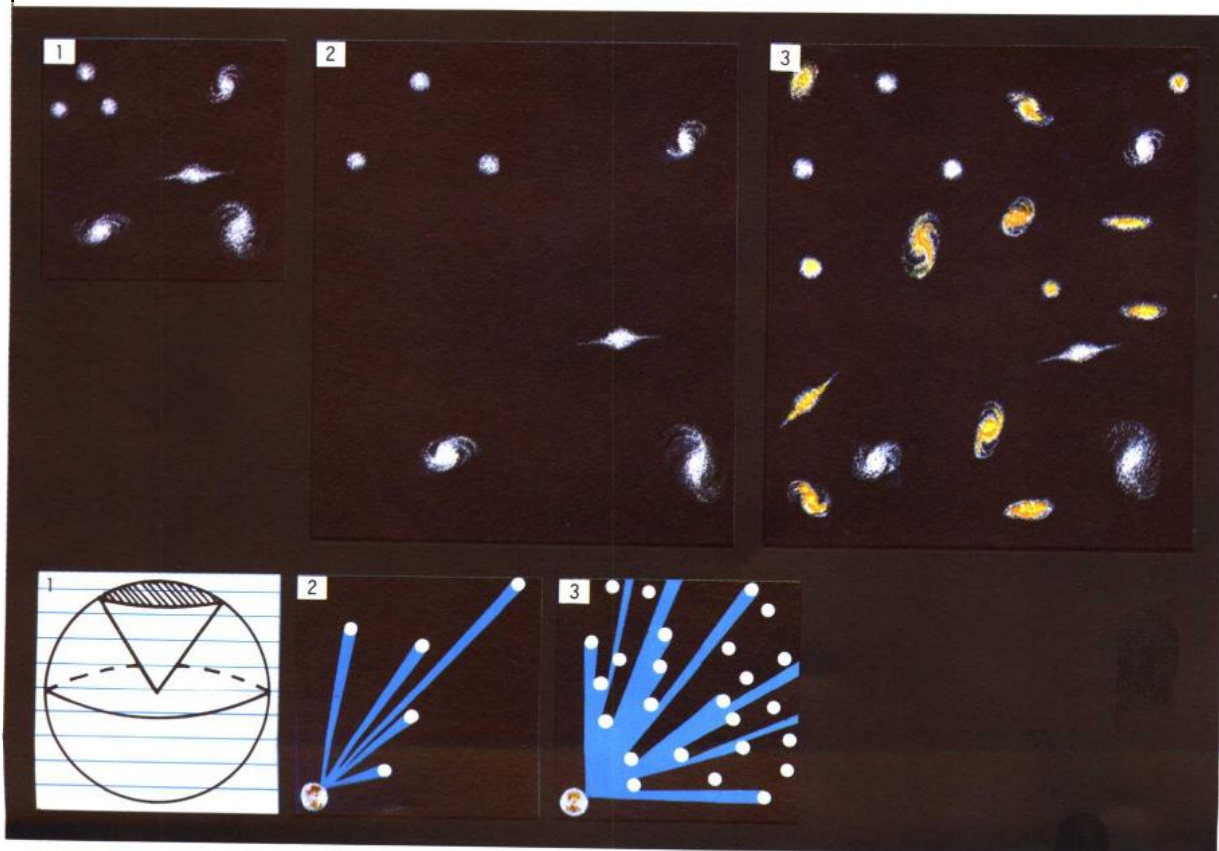
由於對外銀河的研究，使得對我們銀河系也有更深一層的認識。它包含了 1000 億顆左右的星星，外表像個大圓盤，盤面的直徑大約是 8 萬光年(light year，光年是天文上所用的距離單位，1 光年是光走 1 年的距離，約為 9.5×10^{12} 公里)，中間核心部分的厚度大約是 1 萬光年。

銀河系中大約百分之八十的質量分佈在地球上，其餘的質量則在充滿銀河空間中的雲氣上。這雲氣包括了氫氣和主要由石墨構成的灰塵。太陽系是位於銀河系的邊緣，這個事實使得太陽系失去了宇宙中心的地位。

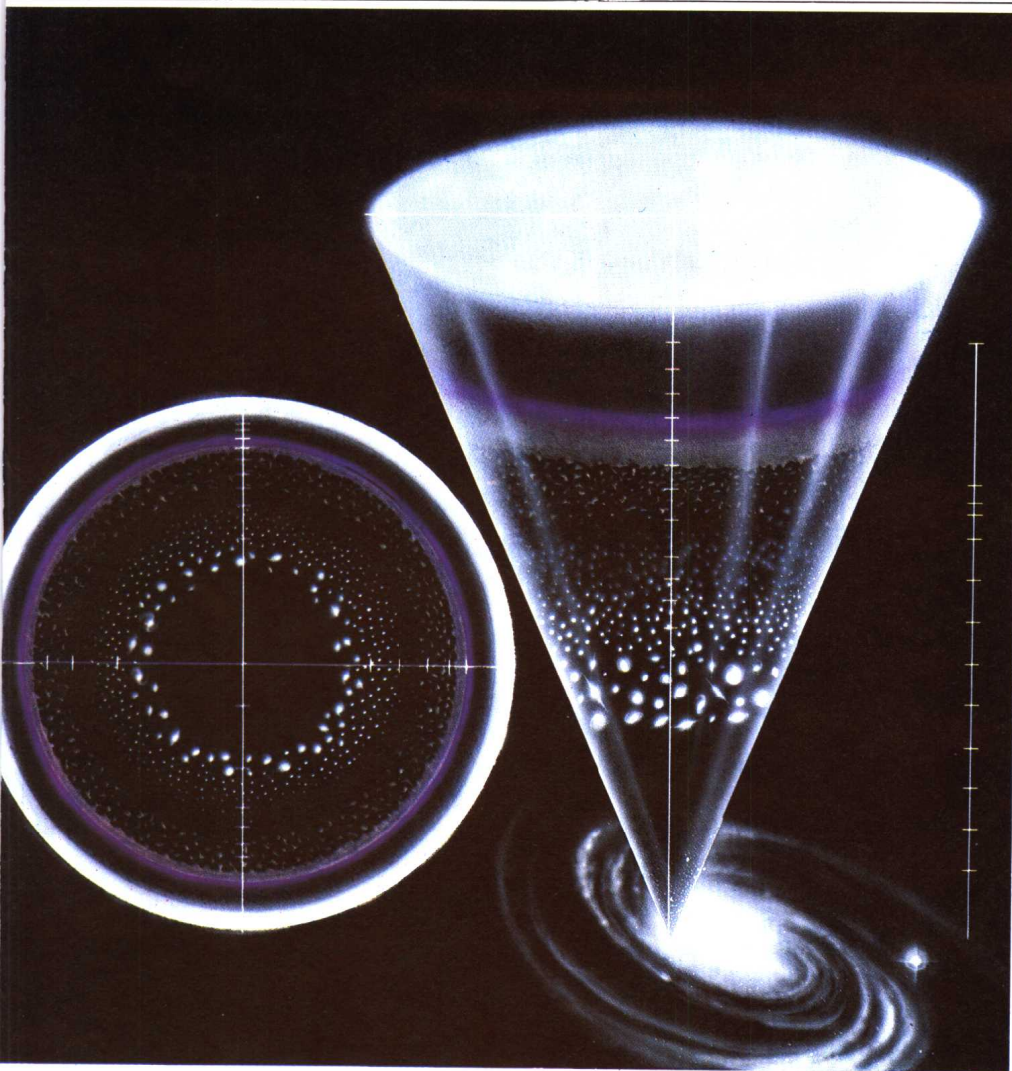
哈勃同時也觀測到幾種不同形式的銀河系。例如仙女座銀河(Andromeda galaxy)是屬於旋渦狀銀河(spiral galaxy)的一種，因為它具有兩個旋渦臂，其他還有圓球形、橄欖球形，以及棒狀的銀河。仙女座銀河(是離我們最近的大銀河系)距我們大約 220 萬光年。至於更遠的銀河系之距離，則可以以它們的實際光度來推得，這種方法是基於一個基本假設——銀河系中最亮的星其光度都一樣，而愈遠的銀河所觀測到的光度就愈小。

宇宙膨脹論

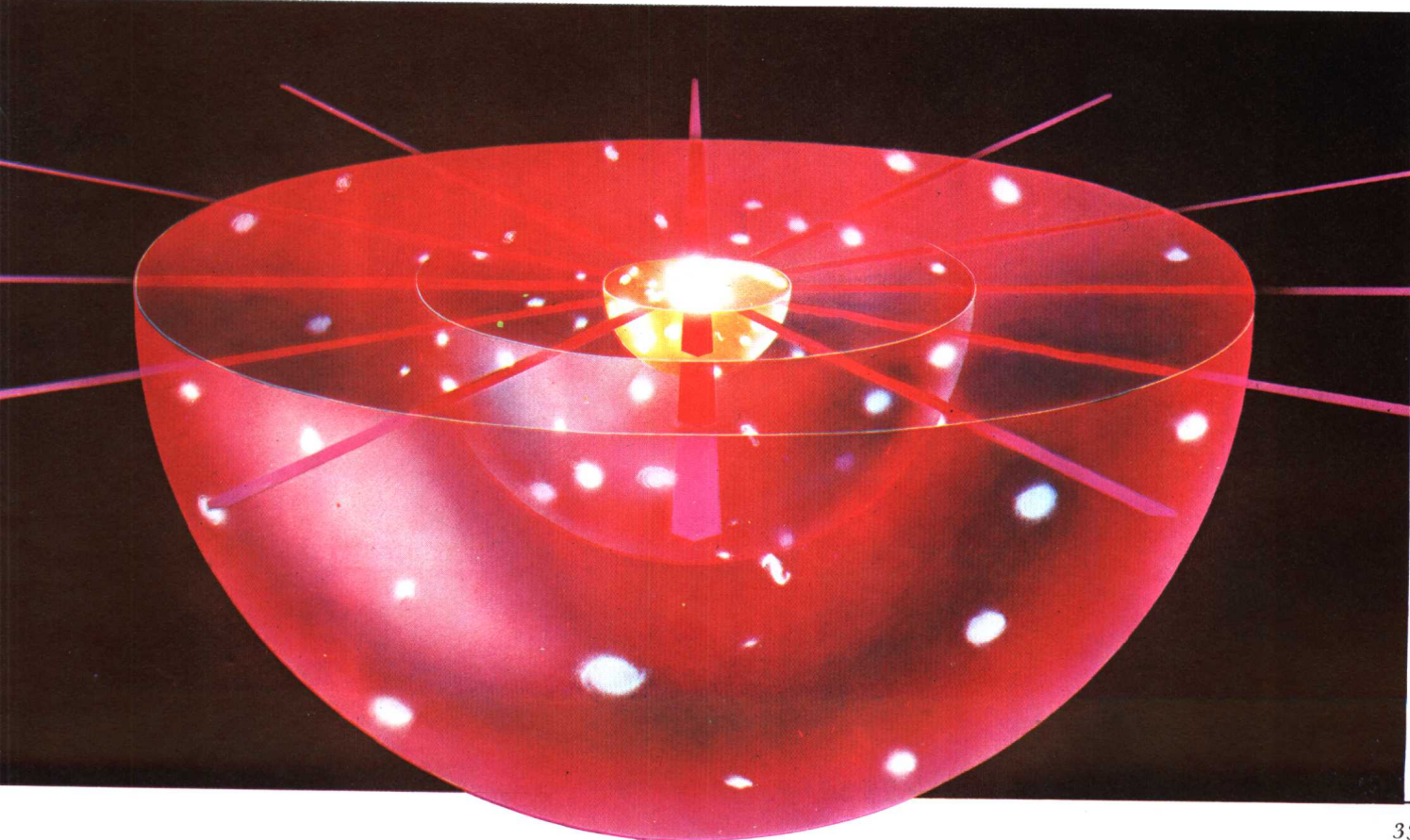
哈勃最主要的貢獻是發現了所有的銀河

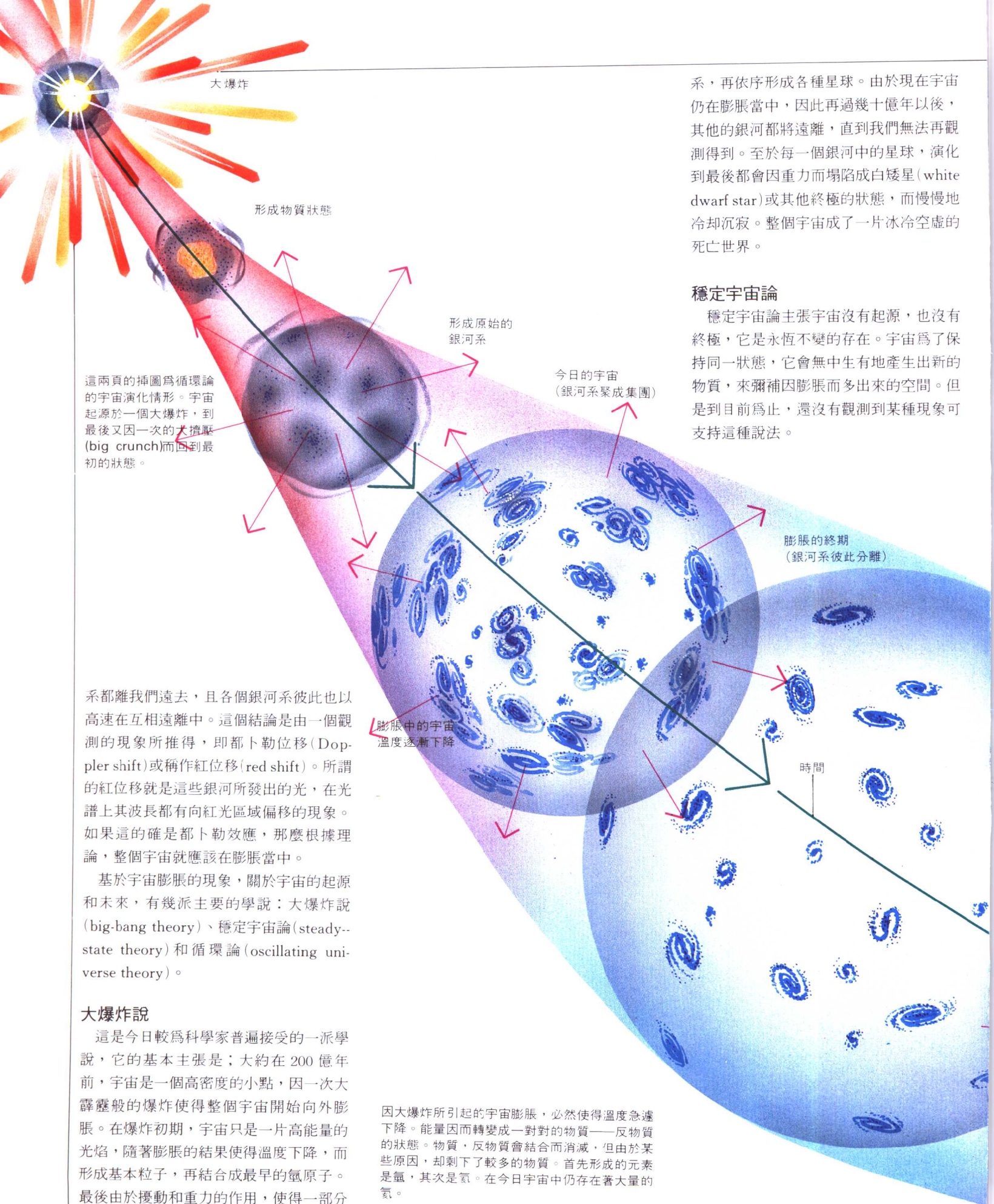


宇宙論中有一個很有趣的問題，即奧伯謬論。奧伯認為如果宇宙中充滿了星星，而且又是均勻地分佈在空間中(見圖下方的1, 2, 3)，則夜晚的天空將因這無限的星光而顯得非常明亮。另一方面，如果宇宙不是穩定不變而是在膨脹當中(見圖上方1, 2, 3)，則將不斷地有很多物質會憑空而生，那麼我們所看到的星星將愈來愈少。



由今日所知銀河系的結構而得到的宇宙模型。自西元1920年代開始，人類就已發現銀河在互相遠離的現象。從他們的遠離速度和距離可以計算出大約在200億年之前，所有的銀河系都聚集在一起。而大爆炸論就是主張因為一次的大爆炸，才使得宇宙膨脹、銀河系相互遠離。圖中沿著圓錐中心的軸是時間軸，表示隨著時間流逝宇宙向外膨脹。





這兩頁的插圖為循環論的宇宙演化情形。宇宙起源於一個大爆炸，到最後又因一次的大擠壓 (big crunch) 而回到最初的狀態。

系都離我們遠去，且各個銀河系彼此也以高速在互相遠離中。這個結論是由一個觀測的現象所推得，即都卜勒位移 (Doppler shift) 或稱作紅位移 (red shift)。所謂的紅位移就是這些銀河所發出的光，在光譜上其波長都有向紅光區域偏移的現象。如果這的確是都卜勒效應，那麼根據理論，整個宇宙就應該在膨脹當中。

基於宇宙膨脹的現象，關於宇宙的起源和未來，有幾派主要的學說：大爆炸說 (big-bang theory)、穩定宇宙論 (steady-state theory) 和循環論 (oscillating universe theory)。

大爆炸說

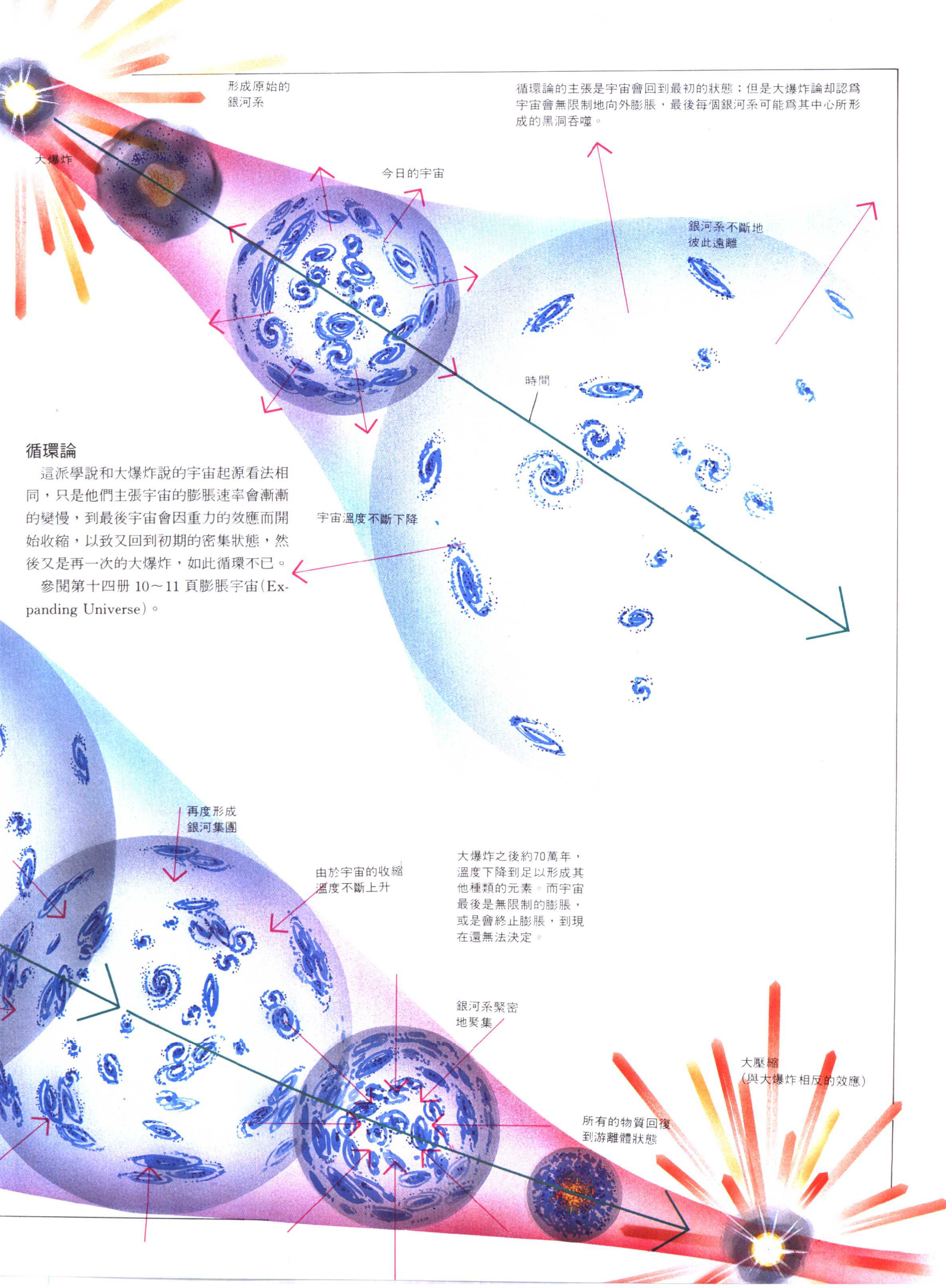
這是今日較為科學家普遍接受的一派學說，它的基本主張是：大約在 200 億年前，宇宙是一個高密度的小點，因一次大霹靂般的爆炸使得整個宇宙開始向外膨脹。在爆炸初期，宇宙只是一片高能量的光焰，隨著膨脹的結果使得溫度下降，而形成基本粒子，再結合成最早的氫原子。最後由於擾動和重力的作用，使得一部分的氣體結合成固體，而形成早期的銀河

系，再依序形成各種星球。由於現在宇宙仍在膨脹當中，因此再過幾十億年以後，其他的銀河都將遠離，直到我們無法再觀測得到。至於每一個銀河中的星球，演化到最後都會因重力而塌陷成白矮星 (white dwarf star) 或其他終極的狀態，而慢慢地冷卻沉寂。整個宇宙成了一片冰冷空虛的死亡世界。

穩定宇宙論

穩定宇宙論主張宇宙沒有起源，也沒有終極，它是永恆不變的存在。宇宙為了保持同一狀態，它會無中生有地產生出新的物質，來彌補因膨脹而多出來的空間。但是到目前為止，還沒有觀測到某種現象可支持這種說法。

因大爆炸所引起的宇宙膨脹，必然使得溫度急遽下降。能量因而轉變成一對對的物質——反物質的狀態。物質，反物質會結合而消滅，但由於某些原因，却剩下了較多的物質。首先形成的元素是氫，其次是氦。在今日宇宙中仍存在著大量的氫。



形成原始的
銀河系

循環論的主張是宇宙會回到最初的狀態；但是大爆炸論却認為宇宙會無限制地向外膨脹，最後每個銀河系可能為其中心所形成的黑洞吞噬。

大爆炸

今日的宇宙

銀河系不斷地
彼此遠離

時間

循環論

這派學說和大爆炸說的宇宙起源看法相同，只是他們主張宇宙的膨脹速率會漸漸的變慢，到最後宇宙會因重力的效應而開始收縮，以致又回到初期的密集狀態，然後又是再一次的大爆炸，如此循環不已。

參閱第十四冊 10~11 頁膨脹宇宙(Expanding Universe)。

宇宙溫度不斷下降

再度形成
銀河集團

由於宇宙的收縮
溫度不斷上升

大爆炸之後約70萬年，溫度下降到足以形成其他種類的元素。而宇宙最後是無限制的膨脹，或是會終止膨脹，到現在還無法決定。

銀河系緊密地聚集

大壓縮
(與大爆炸相反的效應)

所有的物質回復
到游離體狀態

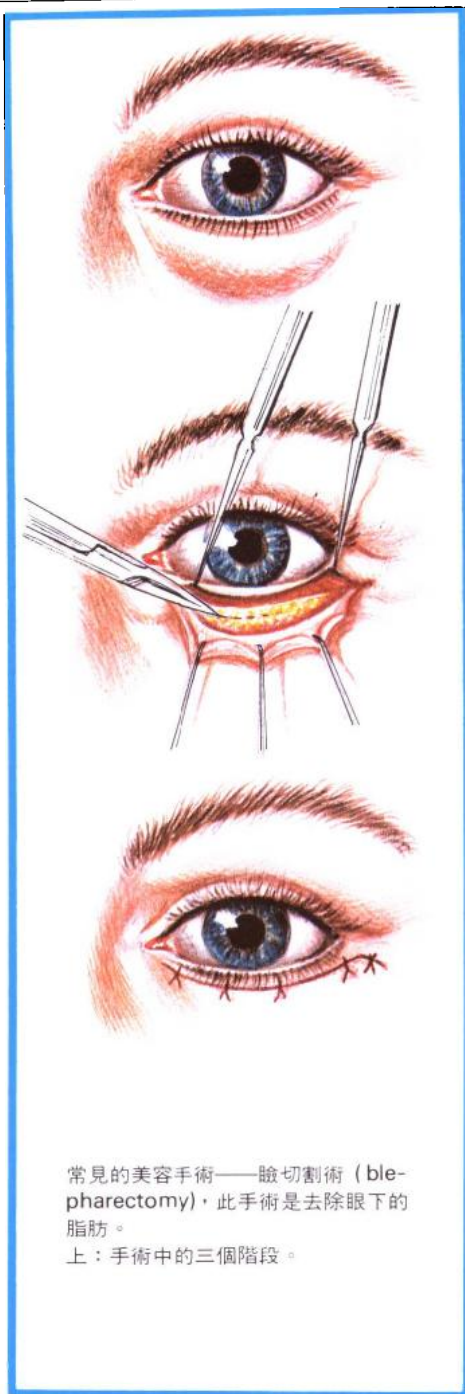
成形外科 Plastic Surgery

成形外科是戰爭帶給我們的少數好處之一。在第一次世界大戰以前，成形外科只不過是附屬於外科的一個小範疇，但由於法國境內，成千上萬的士兵在殘酷、血腥的戰壕戰中所受的傷害，使得成形外科成爲一個重要的專業科目。由救護兩次世界大戰中殘缺不全的士兵，所得到的經驗與技術，成形外科已躍而爲外科領域中獨立的一科。它不僅只是美容手術(cosmetic reconstruction)而已，而且還可以應用種種複雜的技術，超越過去外科所能到達的極限，使人體恢復正常功能。

成形外科方面所遭遇到的問題，與其他外科有所不同。因爲成形外科是處理身體表面和臉部、外表的復原工作，所以手術後的外觀是一項重要的因素；而且，成形外科醫師也特別注重傷口縫合時的縫線。首先，他會用非常細的線來縫合傷口，使傷痕儘可能看不出來，並試著將傷痕隱藏於皮膚原有的皺紋內。所顯露的縫線也儘早拆除，而讓體內的縫線保持傷口的癒合。

成形外科手術的分支

今日的成形外科可分爲六大類：一是有關先天性缺陷，如兔唇、顎裂等的修補工作，這是最早從事的成形外科，至今仍十分重要；二爲如燒傷等意外傷害的外傷治療；三爲頭頸部的癌症切除手術。因爲癌症的根除手術常會造成容貌的破壞，所以其修復已經成爲成形外科的專利；四爲相當進步的專業外科——顯微血管外科(microvascular surgery)。由於精細縫針和精細儀器的進步，以及顯微鏡技術的改進，才使這一領域得以日漸進展。這一顯



常見的美容手術——臉切割術(blepharoplasty)，此手術是去除眼下的脂肪。
上：手術中的三個階段。

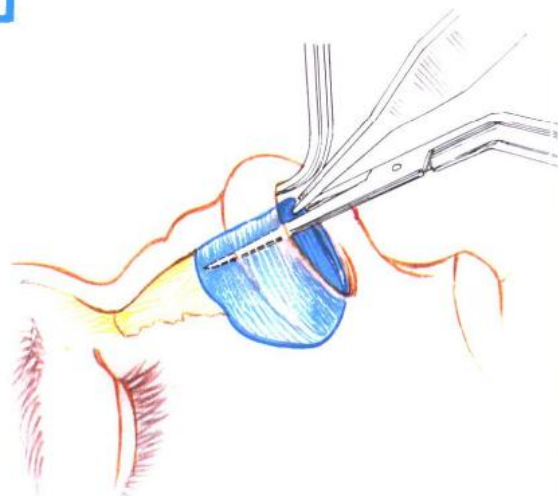
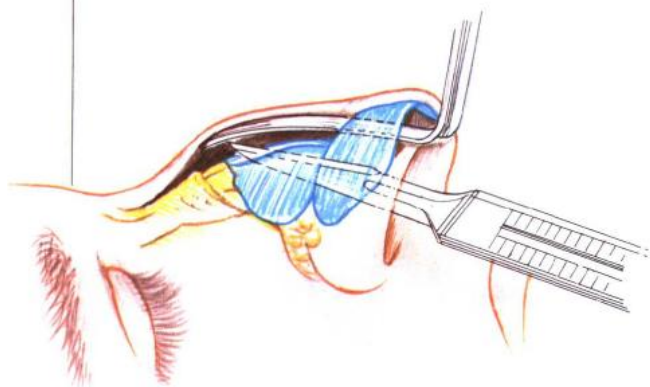
微血管外科包括了在意外中斷手、斷足的重接手術。

五爲手外科(hand surgery)，這是一門發展極爲迅速的科學。最後六則是美容外科，可藉拉緊皮膚的方法，去除臉部、頸部或任何部位的皺紋。美容外科大約百分之九十的顧客都是女性，但是現今也有愈來愈多的男性做這種手術。

皮膚移植

成形外科醫師現已成爲在皮膚移植(skin grafting)方面一枝獨秀的專家，主要是因爲皮膚移植在復健工作中，佔了最重要一部分的緣故，例如，要覆蓋燒傷的部分就必須要一大片的皮膚。不久以前，皮膚移植時，還需用人工來切下皮膚，這是一項相當吃力且費時的工作。而今，一種可以很快切下皮膚移植所需厚度的鼓狀儀器——植皮刀發明後，不但增加了皮膚移植的成功率，而且在執行手術時更有效率。

許多皮膚移植手術，都是取自大腿或臀部的皮膚。因爲這些部位的皮膚可使用的區域較大，且在癒合時麻煩較少。但是，這些部位距離需要覆蓋新皮膚的地區很遠是其缺點，因而更促成了許多新皮膚移植法的產生。邊緣移植法(flap grafting)，是常用的方法之一，就是在其邊緣切開皮膚，轉位而覆蓋於傷口。爲了確保皮膚能移植成功，使移植的皮膚能在傷口生長，常需使用蒂狀移植片(pedicle graft)。就是說在這移植片上，要留有皮膚連接原來部位，以保留原來血液供應的血管。蒂狀移植片要移動時，可以暫時先移植到靠近傷口的部位，如手、腳等。直到移植處的



皮膚片生根後，便可將原來的血管及皮膚蒂處切斷。每一次移動到一個新部位，約需三個星期才能使連接處長好。

肢體間的皮膚移植

另一種移植方式是由一肢體到另一肢體——例如由左腿移植皮膚到右腿。如果右腿有一潰爛部位需要皮膚移植，於是在左腿相對位置切開一塊皮膚移植，將此皮膚反轉蓋住右腿的傷口。然後，兩腿相對保持固定一段時間，直到皮膚在右腿生根後，再切掉左腿原來的連接處。

成形外科史上，最富戲劇性的年代是西元 1950 年代，因為當時出現許多「沙利寶邁兒」(thalidomide baby)，這一種沙利寶邁(thalidomide)鎮靜劑，孕婦服用之後，會產生嚴重畸形的嬰兒：發育不良的手腳、手腳一肢或全部闕如，或是其他部位的殘缺。藉著外科手術的方法，使得許多嬰兒能擁有具有功能的手腳；更隨著顯微手術的進步，已經可以把畸形手指以腳趾頭代替其功能了。

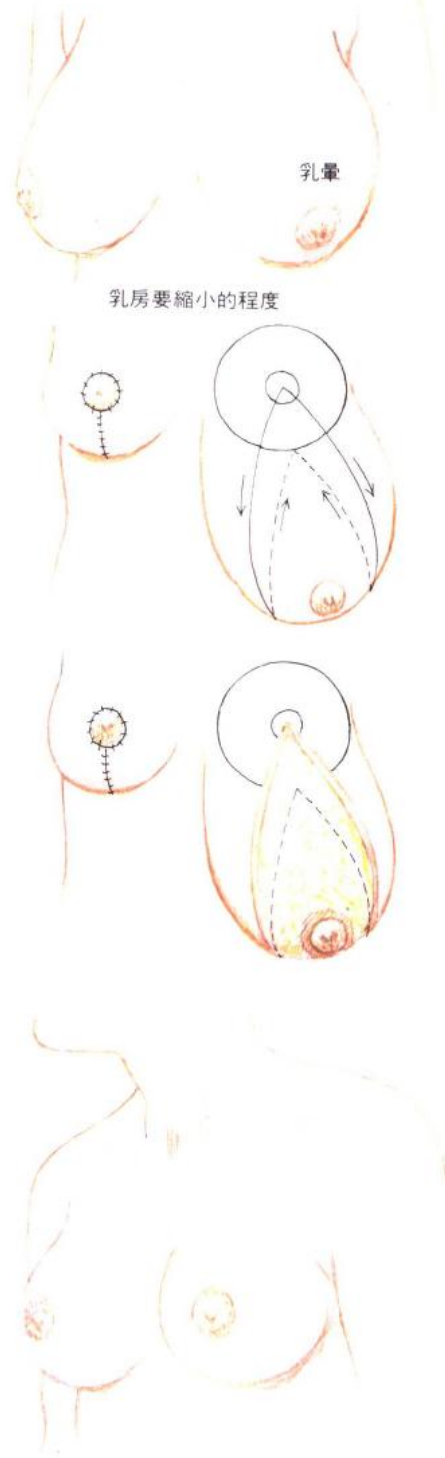
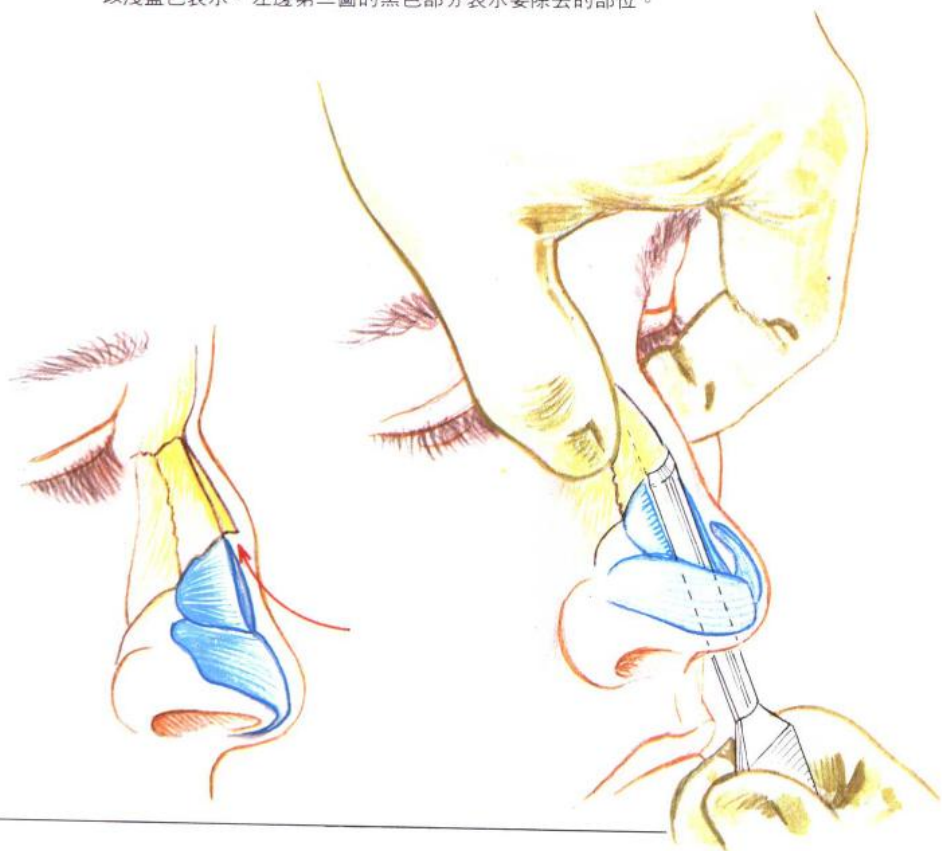
雙重益處

成形外科另一個常做的手術是乳房切除術(mastectomy)，這是當懷疑有乳癌時，醫師用以割除乳房的手術。乳房切除手術是一根除性的手術，由於乳房對一般婦女而言，不僅在外觀上，就是在心理上也非常重要；所以今日醫師在動完手術時，常會填入矽質的人工物。這樣當手術完成，新皮膚長好後，便幾乎看不出曾經動過乳房切除術的痕跡。這種手術的皮膚是取自下胸壁處。

同樣的，如果病人認為乳房太小而想擴大，醫師可以切開乳房的下緣，植入由腹部切除的過多脂肪，如此便可一舉兩得。因為開刀口在乳房下緣，看不見縫合處，因此一點也看不出動過手術。如果乳房大小不一致或過度肥大，也可以成形外科除去多餘的乳房組織。

成形外科醫師因專業知識方面的進展，使一般外科在手術時也常常需要他們的協助。此外，加上具有對人體任何部位都能重建的貢獻，使得這門專門的醫學已完全佔有一席之地。

下：鼻子的整形——為最常見的整形手術。由左開始的連續圖片，主要程序包括由鼻樑處去除明顯突出的硬骨或軟骨。軟骨以淺藍色表示。左邊第二圖的黑色部分表示要除去的部位。



乳房的過度肥大或過度發育，是成形外科處理的另一個問題。圖示為乳房縮小手術。為了減少疤痕，切口處是順著乳暈，開到乳房下方。乳房擴大術則是植入對身體無害的物質到乳房內。

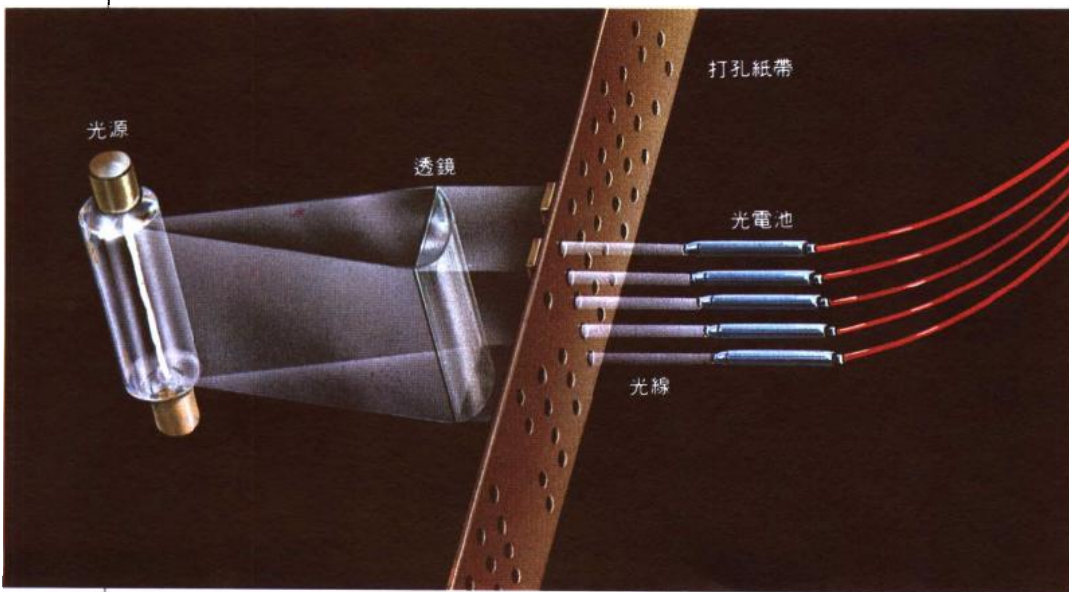
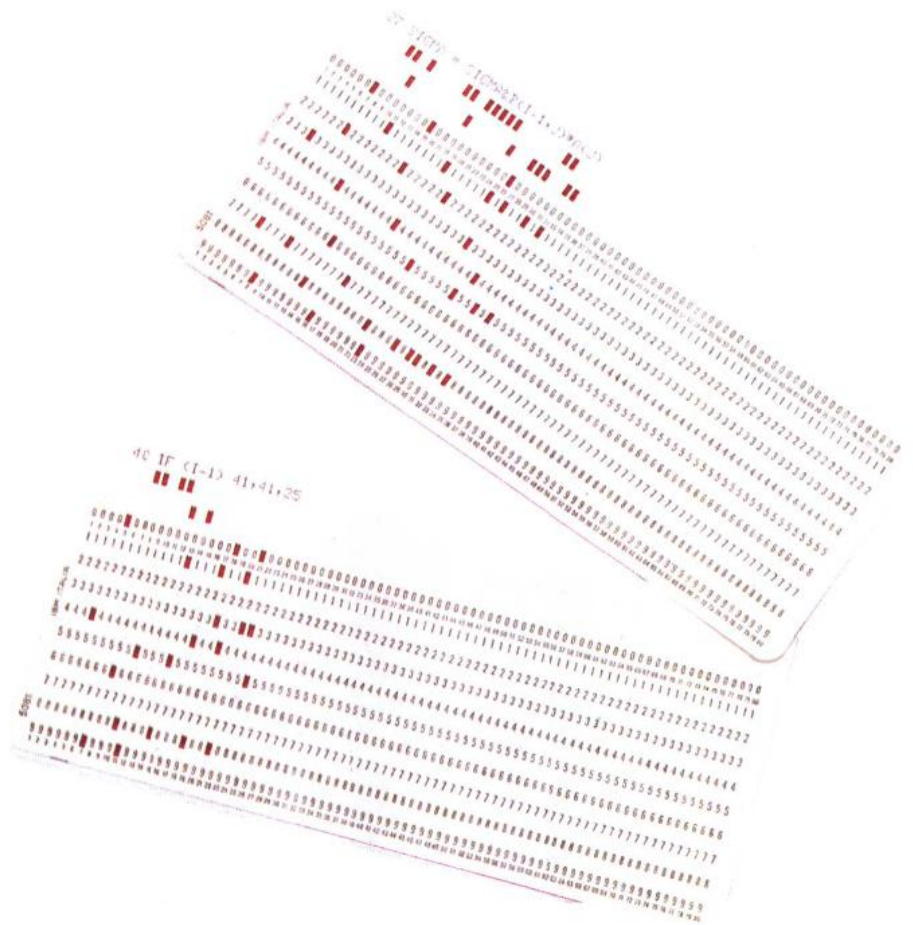
打孔卡 Punch Card

現代世界最普遍的人工製品之一是一種小卡片，它大約是一般硬皮書的長度，一半的寬度。將卡片適當的穿孔後，這些卡片就保存了我們銀行帳目、投票和賦稅資料、付帳記錄和其他各種重要資料。像這樣的打孔卡，直接由西元 1800 年代查卡(Jacquard)織布機上用以決定織法的圖形承襲而來的，是資料處理設備的真正步兵。它們便宜、用途多且又耐用。

查卡、拜比琪和霍理瑞

法國發明者查卡使用打孔的金屬卡來命令織布機依照上面的記號執行編織的動作。卡片區分為很多網目，以表示織布機上織線的圖案；當網目上的某處有孔時，織布機就織出和它對應的線。查爾滋·拜比琪(Charles Babbage)是第一部數據計算機的發明人，這種數據計算機是機械式而非電子式的。他在西元 1840 年代採取查卡的打孔卡以指令他的計算機執行數學運算。

赫曼·霍理瑞(Herman Hollerith)在美國人口普查局工作時，曾經使用卡片來加速普查資料的製表。他將每張卡從頂到



打孔卡顯示於此頁上方，打孔紙帶就在上面，兩者以紙片打孔來貯存資料的形式是類似的。打孔卡和打孔帶都可以用電子機械式的系統來讀它，基於導電刷子通過孔洞造成接觸，或者用光電系統，它能偵測出通過孔洞的光線，如上所示。

底垂直區分成很多欄。每一欄表示一個固定形式的資料——第一欄，被調查者的年齡；第二欄，性別；第三欄，原籍等等。每一欄裏又有從 0 ~ 9 的刻度。如果第二欄的 0 的位置打孔，則表示男性；如果 1 的位置打孔，則表示女性。第三欄的 3 的位置打孔，則表示原籍德國的美國人；如果在 4 的位置打孔，則表示原籍愛爾蘭等

等。

打孔卡最先使用於 1890 年的人口普查，在西元 1900 年更擴大使用範圍，它最大的好處是：第一，它們可以數以千計的作表，比其他任何形式的資料還快。第二，可以根據它們一欄一欄的特性加以分類。和霍理瑞首先使用的形式相同，打孔卡在今日仍在使用中。

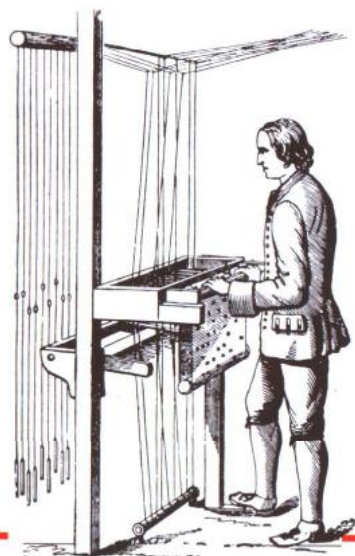
打孔卡系統的要素

打孔卡操作的第一環是打卡機。這是一種機械式機器，由操作員操縱，可以在卡片上穿孔。比如說，操作員在人口普查表上讀資料，對每個問題或者資料範圍，在適當欄的正確位置上打孔。打孔機有一個和機械式計算器相似的鍵盤，當每一欄都已經打過孔後，卡片就從機器上退出，操作員就再開始處理另一張新卡片。

卡片上資料的正確性和打孔人員有關，打孔卡系統最大的好處是任何錯誤只局限於打錯鍵的那張卡片。

在打孔卡使用之前，必須先分類和製

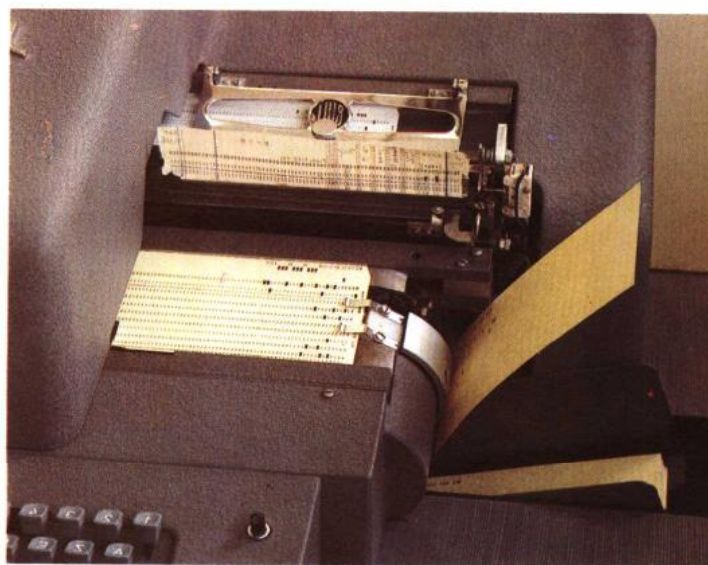
打孔卡織布機是由法國人貝索·包瓊 (Basil Bouchon) 在西元1725年發明的。鑲邊織布機圖示如下，就像更複雜的查卡織布機一樣，它在打孔卡上貯存設計以編織的資料。雖然略有改變，整個基本系統仍然使用於紡織工業，通常用打孔紙帶以引導控制機器的工具之運作。



表。這可以用不同的方法去做，包括穿過卡片上的孔的探針。但是，更普遍的方法是將卡片置於磁性表面上，有一些小刷子和卡片接觸，造成只和孔下的磁性表面接觸，得到的資料轉換成電氣訊號並貯存於

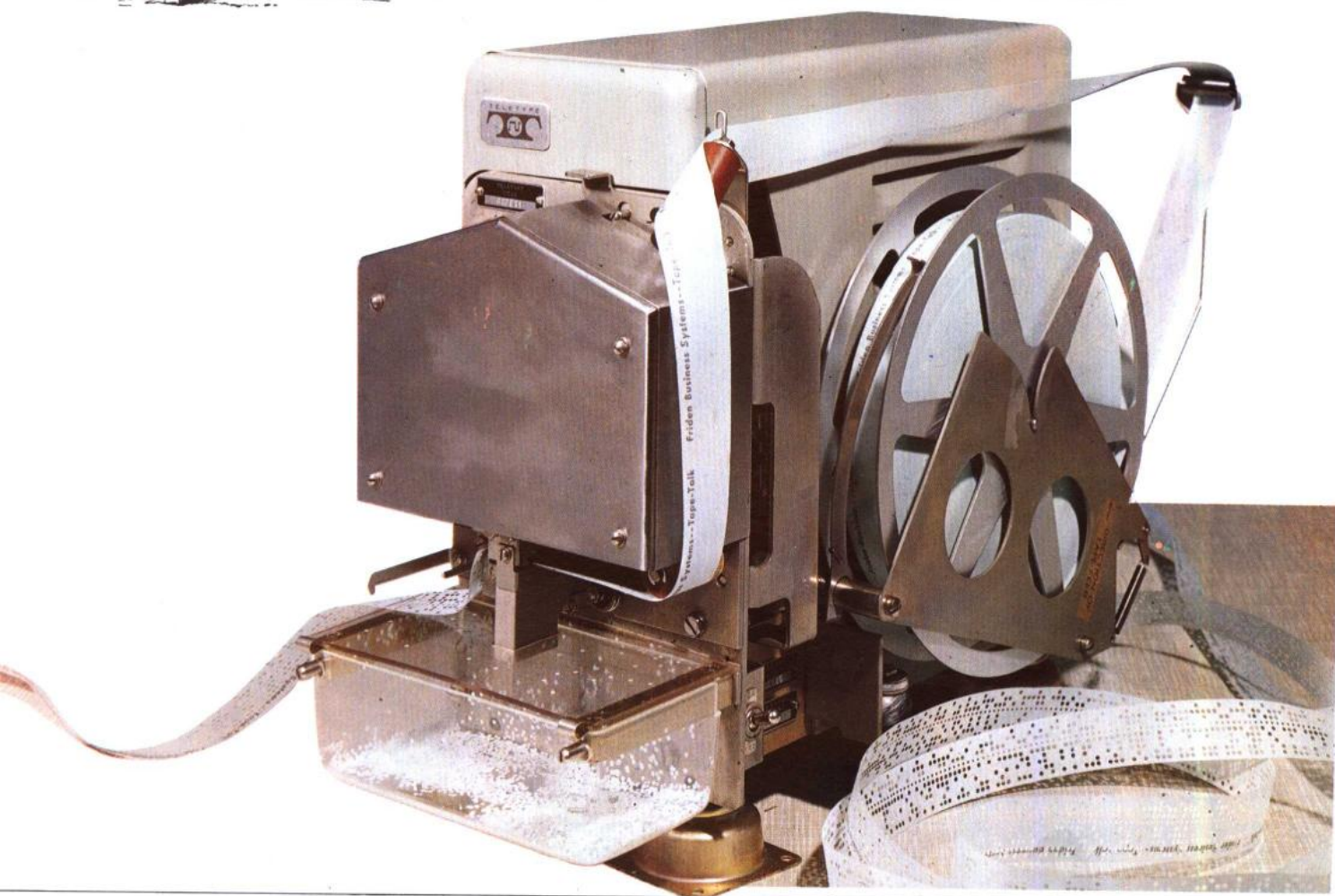
計算機系統中。

除了最初的打孔工作之外，現代商業機器都以非常高的速度來處理卡片。由於它們具有相當低的價格和多用途性，打孔卡仍然是資料處理中相當重要的一部分。



左：打孔機。圖片的左下角可以看見操作員的鍵盤。

下：紙帶打孔機，能夠將印刷工廠排字系統使用的紙帶以相當於每分鐘1200行的速度打孔。



打火機 Lighter, Cigarette

打火機就是一種小型的點火裝置。每一個打火機都具備燃料、控制燃料的調節器，及點燃燃料的點火系統。由於燃料是在空氣中緩慢燃燒，因此產生無害的火焰噴射，以點燃烟斗、雪茄和香烟。

十八世紀的打火機用鐵和火石所產生的火花來點燃乾樹葉。今天市面上的某些打火機則以壓縮丁烷(butane)作為燃料，以乾電池動力和複雜的積體電路來幫助產生火花。很多不同國家的發明者貢獻心力於現代打火機的標準面貌。

早期的發展

當老式的燧石點火槍的扳機扣上時，一支小鐵錘打擊火石，產生火花以點燃藥室中的火藥，然後推出槍膛中的子彈。最早的打火機也是使用這種方法。一支小鐵錘附屬於上緊的彈簧，當扳動並放鬆後，鐵錘就撞擊位於鉢口的火石，散出火花到鉢內的一小堆乾樹葉並點燃它們。

最早的燈芯式打火機大約在西元1920年出現於法國。在這些打火機中，火花點燃浸過硝石粉的一小段燈芯，而硝石正是火藥的主要成分。燈芯緩慢燃燒但却足以點燃香烟。在油燈盛行的時代，後來的打火機便使用油燈芯。燈芯是浸在苯(benzene)中。苯是一種從石油提煉出來的易燃液體，燈芯緩慢燃燒，以調節燃料的消耗量。火焰要熄滅時，就用蓋子罩住它；在打火機不用時，也用蓋子罩住燈芯，一方面保護它，一方面避免苯揮發掉。

這些早期的打火機都要用雙手操作。大約在西元1920年，為了使失去一隻手臂的退役軍人也可以操作打火機，單手操作的打火機就在德國發展出來。不久之後，在美國出現了蓋子可以自動啓合的自動熄火打火機。單手操作和自動蓋子的結合引進了現代的打火機。

現代打火機

老式的燈芯——苯打火機，有一些不便利的地方，像燃料有時會漏出來，而且燈芯最後會燃盡而必須更換。二次世界大戰之後，發展出使用像丁烷一類氣體燃料的打火機，逐漸取代傳統的苯—燈芯打火機。

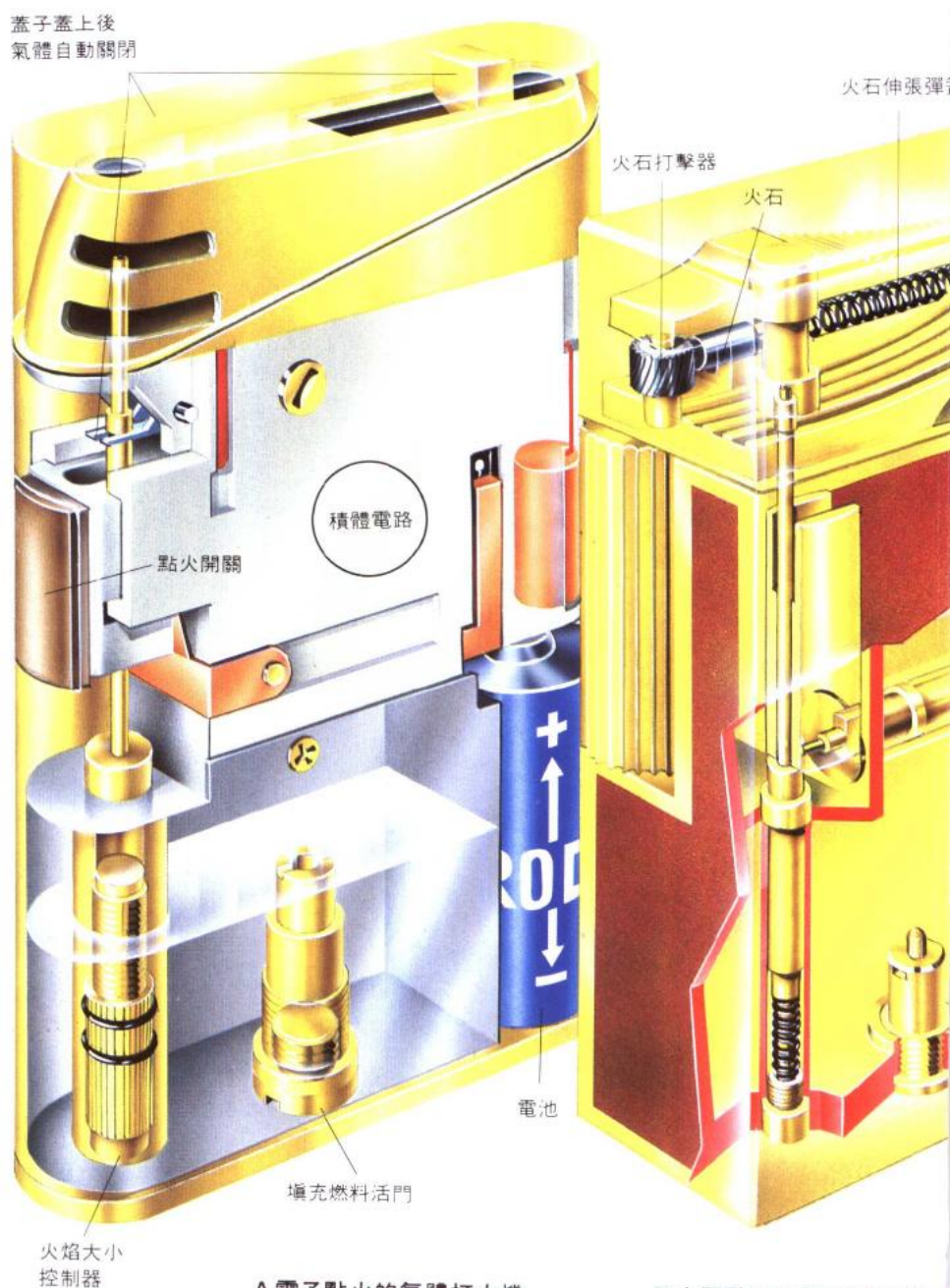
從天然氣中提煉出來的丁烷在空氣中一點火就會燃燒。在現代的打火機中，它被壓縮在打火機內的小氣槽中。當使用打

火機時，氣體就從頂端的小噴嘴噴出，再由點火裝置點燃。噴嘴控制氣體噴出的速率，也就控制火焰的大小。噴嘴可以經由打火機頂端或底端的螺絲來調整。正確的火焰高度是從25~40公釐。當然了，氣體燃燒完了之後，氣槽就得重新裝填。爲了這個目的，打火機底端設有一個活門。裝有壓縮氣體的瓶子用特殊的噴嘴插入活門將丁烷打入，這種過程就像使用壓縮空氣瓶來爲漏了氣的輪胎打氣一樣。

點火系統

現代的打火機主要使用三種點火系統之一來點火。第一種系統是老式的火石輪方法。火石是用鐵和鉻做成的合金，它產生火花的性質在西元1906年首先被奧地利一位化學家所發現。火石材料的製造必須恰到好處，因為愈容易產生火花材料也愈容易耗盡。一般的方法是用鐵輪銼擊位於蓋子裏的火石，而鐵輪則用一個比較長的輪子來轉動。重複使用之後，火石會磨耗

蓋子蓋上後
氣體自動關閉



A 電子點火的氣體打火機

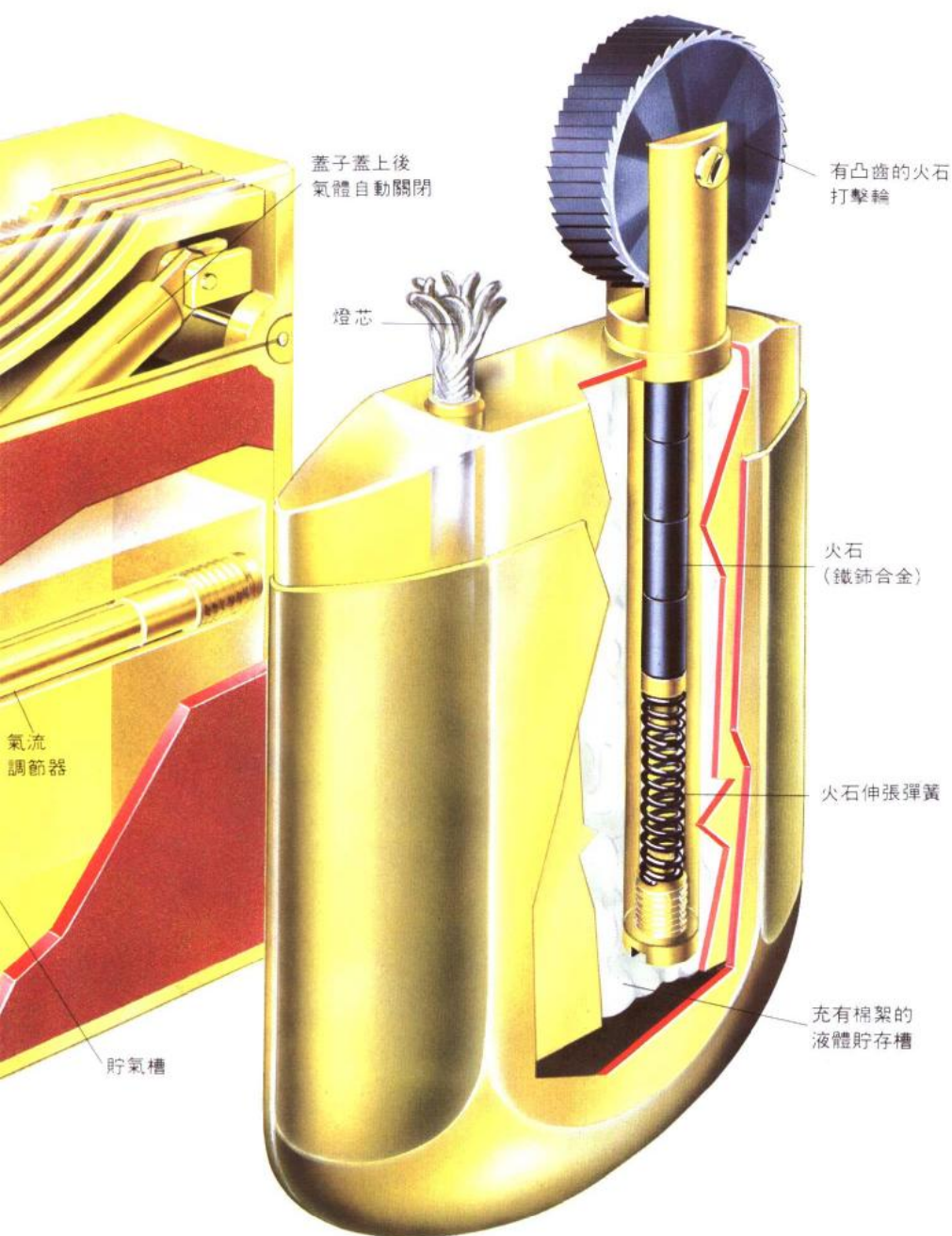
B 火石點火的氣體打火機

完，但是很容易更換。

第二種點火方法是應用一種所謂壓電 (piezoelectric) 效應的現象。某些種類的晶體，像酒石酸鉀鈉 (Rochelle salt) 和一些陶瓷，受到強力撞擊時，會在很短的時間內產生一高電壓電荷。第二次世界大戰期間，盟軍彈藥專家曾經使用這種效應來引爆炸彈。當炸彈的前端撞到地面時，彈頭的晶體受到壓擠，送出一個電衝擊以引爆炸藥。

戰後，日本成功地將許多設備小型化，打火機也是其中之一。應用壓電效應的打火機含有一支桿子或按鍵，以撞擊而使晶體起作用。當此發生時，可以送出6000~8000伏特的電壓，有時候更高。雖然是非常短的時間——大約是三萬分之一到四萬分之一秒——產生的火花已足以點燃丁烷。壓電打火機不必使用乾電池或火石，因此除了定期的填充燃料外，不需要額外的維護費。

乾電池動力的打火機 (battery-powered lighter) 使用第三種點火方法。共有兩種形式的乾電池動力打火機。一種使用9或12伏特的層狀錳電池；當開關打開時，盒內的小型變壓器將電壓提升到大約9000伏特，就足以產生火花以點著燃料。另一種型式則使用水銀電池和積體電路 (就像計算器使用的一樣) 產生高電壓火花。一些電池動力打火機有精巧的裝置，像經常使用於現代電梯中的敏感觸鍵。無論如何，電池總會耗盡，因此需要定期更換，就像自動照相機和電子錶中的電池一樣。



C 火石點火的苯打火機

左：一些普通形式的香烟打火機的主要作用零件。電子點火的氣體打火機 A 容易使用但很難修理。火石點火的氣體打火機 B，位於邊上的那個較長的轉輪，可以讓使用者不用真正接觸到火石輪就能夠產生火焰。此型打火機和電子點火式的都有一個活門，只有在打火機蓋打開時，氣體才能夠從活門跑出來。這兩種的氣體打火機都屬於可再填充式。以苯或其他易燃液體作為燃料的打火機，都會有打火機油的特殊氣味，但它們較便宜且易於維護。

打字機 Typewriter

自從十八世紀初最早的專利公佈出它的存在之後，打字機已經經過了一連串的演進和改革。有些早期的打字機類似於時鐘和肥皂箱的組合；有些則看起來像鋼琴（有一型確是以鋼琴的琴鍵當做鍵盤）。最早期的式樣打起字來速度比手寫的還慢；相對地，最現代的機器每分鐘可以打出 10 萬個字母。然而，今天的機器仍然非常類似於早期實用的式樣，這種打字機最早出現於十九世紀末期的美國。

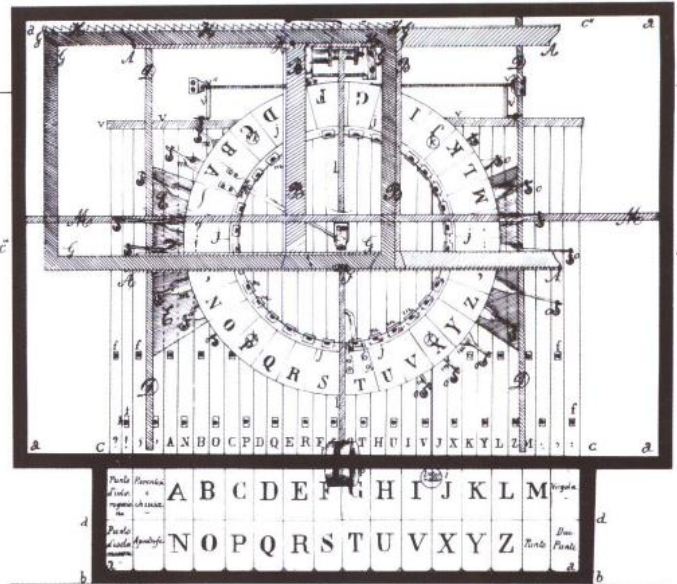
打字機的定義和西元 1714 年英國的安妮女王 (Queen Anne) 所授與發明人亨利·米爾 (Henry Mill) 的專利書所描述的只有輕微的改變。它是一種可以有次序地在紙上做出字母的墨水印刷的機器，是如此地乾淨而正確，和印刷毫無分別。

所有的打字機——無論是手動或電動的——都有共通的組件。鍵盤就是其中之一。鍵盤是一系列字母和書寫符號的鍵（都是 44 至 96 個）所組成的。敲擊任何一個鍵時，帶動一支長長的金屬鎚叫做打字柄，在中心位置撞擊色帶而在紙上留下符號；或者帶動打字頭。打字頭是一顆小小的塑膠球，在撞擊紙面之前會旋轉並傾斜到預定的位置。滾筒是一種圓柱形的滾輪，用以插入紙張並操縱它。在所有的手動式和很多種電動式的打字機中，都有一個可移動的台架，它是支撐滾筒的結構。

手動打字機

右：具有磁性記憶的電子打字機，使用磁碟以記憶內容，視覺監視器以顯示在打字、訂正，和編輯時的主文。撞擊打字機色帶的字母並不是像舊式機器一樣排在個別的打字柄上，而是排列於菊花輪的周圍，如下圖所示。

右：西元 1850 年代一位義大利人發明的「書寫鋼琴」。令人驚訝的現代設計，是使用「菊花輪」(daisy-wheel) 原理的先驅。每一個字母基體——撞擊打字機色帶的部分——位於旋轉盤的邊緣，旋轉盤則根據所打的字母來改變位置。



從西元 1864 年著名的丙明登 (Remington) 型問世以後 (馬克吐溫, Mark Twain, 用以寫出第一本打字原稿的書)，手動打字機就少有改變。藉著按下鍵盤上的一個鍵，打字員授與的能量經過複雜的槓桿、支軸、線路和連桿系統，輕敲打字柄而打在紙上。

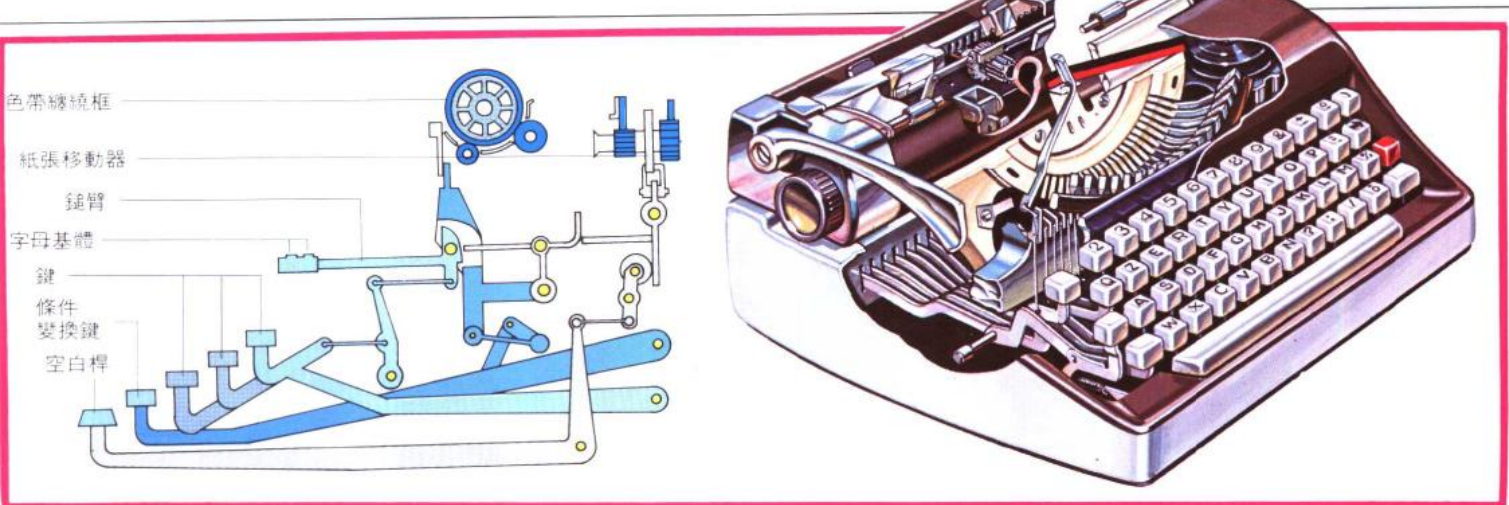
每一支打字柄都有一個浮起的符號，當它彈向台架的中心時，打擊色帶並在紙上留下它的符號。當打字柄打到色帶的同時，它也移動台架一個字母的空隔。由於在西元 1878 年上升鍵 (shift key) 的發明，每一支打字柄都可以配置兩個凸出的符號 (通常是同一個字母的大寫和小寫字形)；上升鍵造成台架的小小修正，也使大寫字母和小寫字母一樣可以打出來。

電動打字機

電動打字機在西元 1872 年由湯姆士·愛迪生 (Thomas Edison) 首先取得專利，其基本功能和手動式相同。但因為是以一具電動馬達取代指尖壓力做為動力的來源，使得電動打字機的速度比較快而且字跡均勻。輕輕地觸動一個鍵時，機器就自動的銜接不停轉動的驅動軸。電動馬達就是用這種方式控制按鍵、台架的移動和行與行的距離。

關於電動打字機一件很重要的劃時代的事件是圓形的打字頭，此球在西元 1961 年由 IBM 公司 (萬國商用機器公司) 率先推出。這種塑膠鍍銀的小球，直徑小於 38 公釐，能夠快速地旋轉至正確位置，然後傾斜擊向色帶。此外，整個打字頭的





上左：零件的組合圖。由按鍵來的壓力迫使字母基體擊向色帶，於是打出一個字母。

上右：攜帶式手動打字機。打字鍵盤上的字母位置因國家而略有不同。在美國，或國際鍵盤上，其中最上一列鍵中的 Z 被 W 所取代。

架構由纜線支配，可以輕輕地由左至右滑過打字紙，所以就不再需要可動架。由於這些球很容易嵌入和取換，所以現在已經可以不妨礙紙張而打出各種不同字型的字，像斜體字、數學符號及希臘字母等等。

現代的速度

打字頭能夠以不可思議的速度跟著電脈衝反應，每秒遠超過 15 次。這些電脈衝可能來自打字員的手指，在資料及文字處理機的時代裏，更可能是來自於磁帶或計算機化的輸入。舉例而言，當按下「A」鍵時，一系列的操縱桿使得「A」字具有活動力。這些操縱桿支配打字頭裝置底部的兩個金屬帶，一個旋轉打字頭的軸（用以旋轉），一個改變打字頭的姿式（用以傾斜）。如此，如果有 88 個記號，則操縱桿就要有 88 種不同的組合，不管內部槓桿和操縱桿多麼複雜，結果就是更快更有效的打字。

最近一代的打字機完全以計算機化的電子零件所組成。每一部機器都擁有細小的微處理器，它發射電脈衝給打字機內的電磁鐵；這些電磁鐵馬上支配機械組件，以進行空白、表格、中心位置、欄與欄的排列、校訂、改正等的控制及其他功能。很多這種相同的機器都有電子「記憶」，數千個字母——諸如範本或常用商業信件——可以貯存起來。只要按下一個按鈕就可以再叫出來，信件就會自動地打好。



收銀機 Cash Register

收銀機的外貌和功能是由於電子時代的來臨而有革命性的變化。在老式的收銀機中，銷售的價錢和數量，是用槓桿的方式將它餵給機器。比較現代化的按鍵式收銀機，當操作員按下很像打字機鍵盤的按鍵時，它能夠很快的累計總額，並產生一張收據。電子式的計費處終端機(point-of-sale terminal)向前邁進了一大步，不只是因為它利用發光二極體(LED)顯示幕來引導操作員完成交易，並且可設定程式以避免錯誤，同時它代表一種節省時間、高效率的存貨追蹤的方法，使得收銀機對商人而言比以前更有用。

按鍵式收銀機

當你對按鍵式收銀機打下某個項目的價格時，假設為 59 元，這時你已啟動一具電動馬達，它使很多齒輪一起轉動而將此單價加於總價上。此馬達驅動收銀機內的

凸輪軸反時針旋轉，迫使裝置在軸上的凸出物撥動鐮刀狀的槓桿，此槓桿以順時針方向旋轉，造成迴旋臂轉動，直到被鍵柄所阻止(鍵柄是你剛剛按下的特別鍵)。下一步，鐮刀狀的槓桿引導計數臂(counting arm)向前走，直到它被鍵柄所阻止。計數臂於是指出相加後的某個位數的值，個位數的值——在此例子是 9 元——轉移到兩個不同的相加齒輪，一個是顧客的，另一個是商店自己的記錄。然後重複相同的步驟以記錄十位數的 50 元。

計費處終端機

就像很多電子設備的東西一樣，計費處終端機在很多方面比其機械式的先驅較容易操作，儘管它們較複雜。計費處終端機是連接於電子計算機(computer)上，它可以處理存貨的控制和信用的認可，同時可以記錄交易狀態，不需要投入大量的時

間、人力、和紙上作業。

計費處終端機有兩種主要型式。單一鍵盤式的電子收銀機，可以設定程式以引導收款員完成不同的交易，發生錯誤時發出警告並印出逐項款目的收據。此型終端機由數字鍵盤，以及給操作者用來操作顯示面板的一些鍵盤，和顧客可以看到的售貨資料顯示幕所組成。當此交易印在收據上時，通常也同時記錄於卡式磁碟上，以便後來可以據以貯存資料。

在多鍵盤式的計費處終端機系統中，商店使用一組這樣的電子機器；這些機器本身不能設定程式，但是每一台都接到單一的中央資料蒐集器或微電腦，能夠使最新的銷售資料在任何時間轉送到較遠的計算機並立刻加以處理。如此可對商店老闆提供很大的益處，他可以得到他的生意上連續的資訊。透過微電腦，價格可以規則性的改變，而且保存逐日的賒欠記錄。

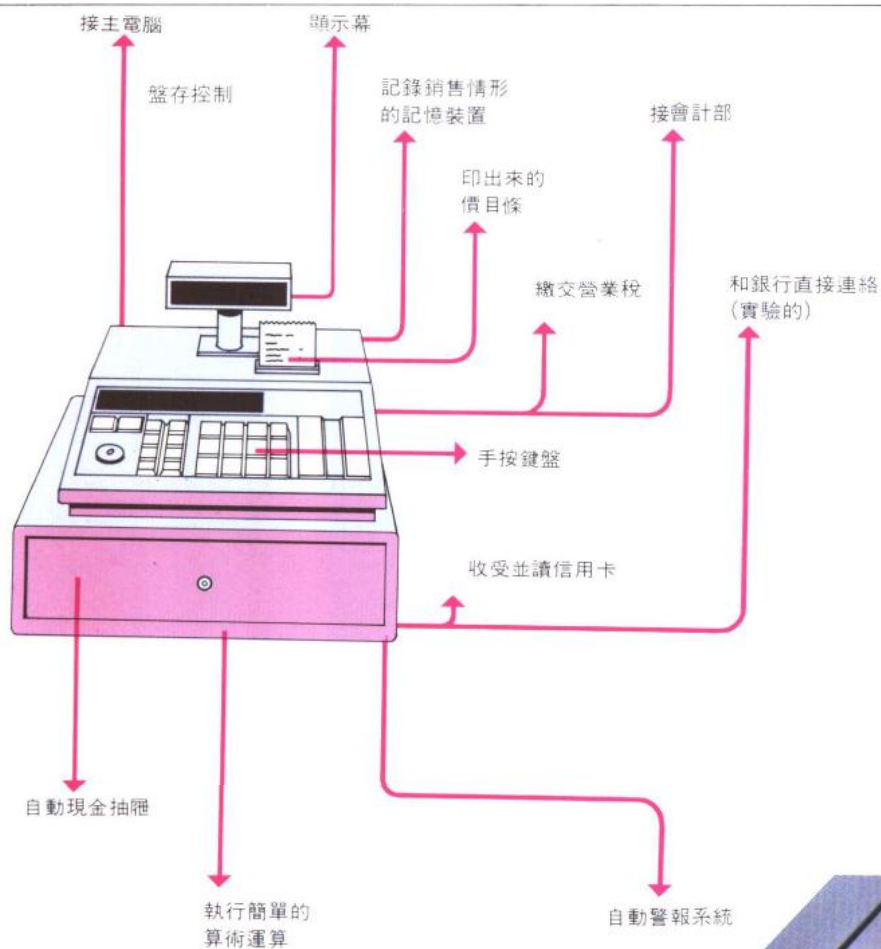
現代的電子收銀機。這類機器結合給顧客和記帳員看的發光二極體(LED)顯示幕，以顯示單價和總價，同時又有一具小型的印表機以打出價目條。現金抽屜的操作是自動的，特殊設計的構造可以保證收帳員找零的正確性。



右頁上：電子式收銀機的各种功能的示意圖。某些功能，像和顧客的銀行直接連繫，以便將購買價款記入其帳戶中，仍然在實驗中，但是在最近的未來似乎會成為事實。

右：在例行維護中的電子式收銀機。電路板(circuit boards)的組合結構使得它能夠迅速修復，以致顧客在計費處付款時不會耽擱太久。





價標的讀取

今日有很多的收銀機也可以自動讀取價格標籤，消除錯誤，並加速記帳過程。產品通用碼 (Universal Product Code)，是一種貼在產品上的條形碼標籤，由電子的資料獲取終端機所讀取，這是一支鋼筆形的棒子，由計帳員用以適當地掃描標籤 (以光束來讀取明暗圖形)。超級市場的收銀機通常在百貨通過付款計帳器時，使用雷射光讀取每張標籤。電子計費處終端機的發展已經在最近幾年給人深刻的印象，把自動化帶進超級市場，甚至於一些較小的商店。

參閱第八冊 30~31 頁產品通用碼 (Universal Product Code)。



早期人科動物 Prehominids

自達爾文的時代以來，許多人都無法容忍萬物之靈的人類是猿類後裔的觀念，大多數議論來自那些斷然拒絕接受此觀念的人，他們完全不顧這個觀念佔著有證據支持的優勢。不過在科學界一樣有著爭議，因為雖然學者們確信人類是由其他的猿類分支出來，但是對於這個事件是在何時發生、又是如何發生的問題上，却不能達成協議。

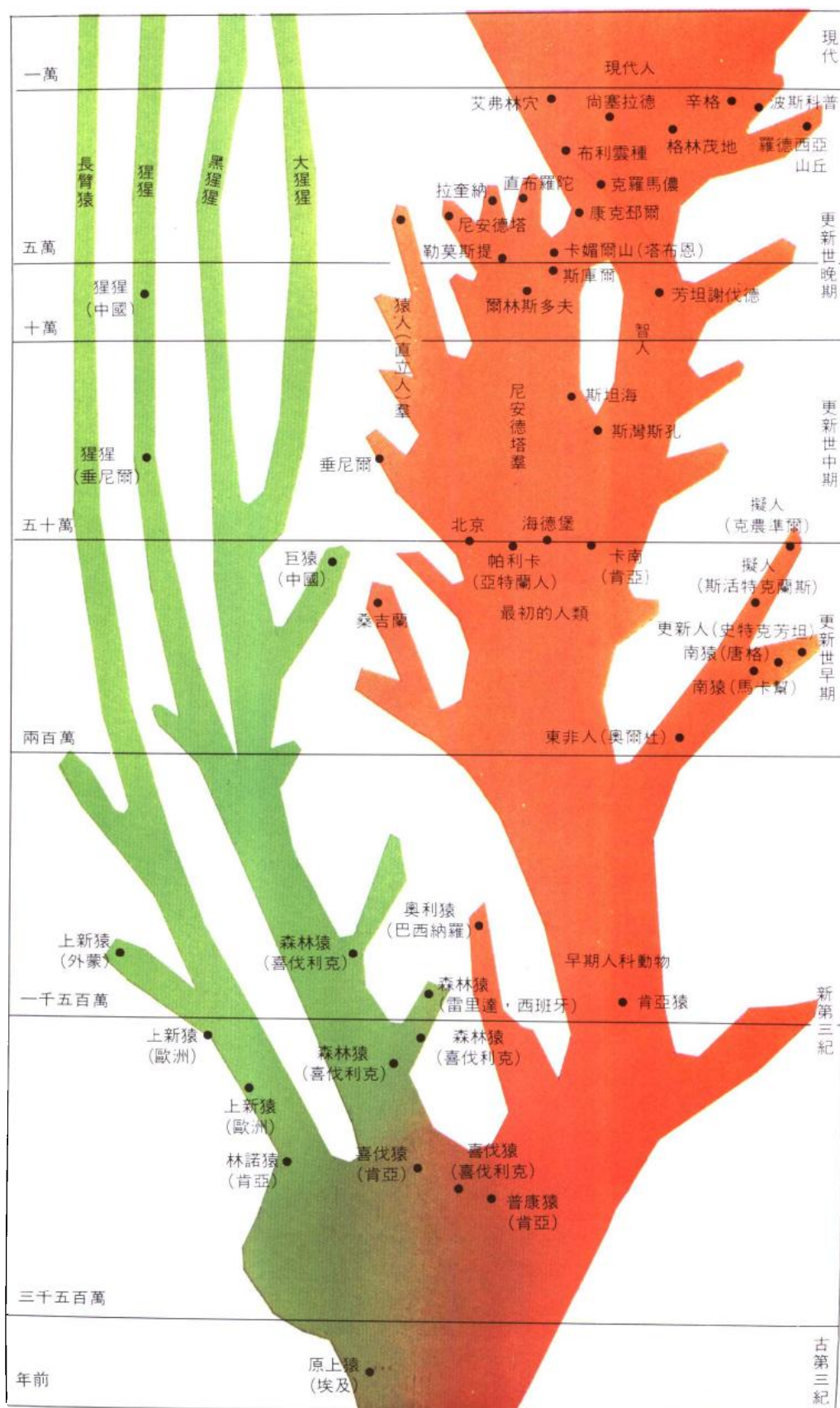
引發這次論戰的人，不是達爾文，而是赫胥黎(T.H.Huxley)。達爾文在他西元1859年出版的「物種源始」(Origin of Species)一書中，幾乎沒有提到人類的演化。赫胥黎是一位英國的解剖學家，也是動物學家，他擁護演化論這個劃時代的觀念。赫氏在他西元1863年出版的「人在自然界地位之證據」(Evidence of Man's Place in Nature)一書中，證明了人類與高等猿類(大猩猩 gorilla、猩猩 orangutan、黑猩猩 chimpanzee)之間有一種基本的相似性，顯示它們以前是來自一個共祖(common ancestor)。赫氏不願提出太多空論，他拒絕猜測共祖是個什麼模樣，或者如何由這個共祖演化到現代人的過程。他的後繼者可就不再那麼小心翼翼了；由後來的研究中可見，充斥著由少量的材料中所壓榨出來的各種各樣的結論。

赫胥黎過世後，古生物學家及人類學家確實是發掘出豐富的化石遺留物，闡明了人與猿的演化史。不過，他們還沒有替大型猿(great ape)及人類找到可以確定的共祖——就是所謂的「失落的環節」(missing link)。此外，目前也還沒有發現到後來演化成人類的最古老的高等靈長類。這種最古老的高等靈長類，指的就是一般所謂的早期人科動物(因為它們還沒有被發現，所以，在體質人類學裏「早期人科動物」一詞並沒有專有的定義，它只能籠統地用來指智人(*Homo sapiens* 尚未特化的祖先或者是某種過渡型)。

化石的演化架構

除了缺乏一些明確的證據外，目前收集到的材料已足以構成一個人類演化路線的標準架構。這個極為依賴化石記錄的架構，大致上是從距今七千萬年前開始，也就是在地史上的古新世時期(Paleocene epoch)。然後，在溫暖的森林中，發展出最古老的靈長類(primates)——一些體型小、吃果實、長相類似現存的樹鼯的動

下：將目前所發現的人類及類似於人類的化石，依時間的順序排列起來，構成一幅現代人的家譜(family tree)。由於化石材料不足，使得這項工作非常棘手，同時這些化石在人類演化史上的確實關係，也都還是問題重重。



依照這個架構，在一千萬年前至一千五百萬年前，從森林猿中分出拉瑪猿 (*Ramapithecus*)，在非洲及南亞都曾經發現拉瑪猿的化石。我們對拉瑪猿的認識並不十分深入，因為一直到最近幾年所發現的拉瑪猿化石，都只不過是牙齒及上、下顎骨而已。拉瑪猿過去曾被推測為具有比它們的森林猿祖先更大的腦容量、比較類似人類的牙齒，以及更為完全的直立姿勢，不過現在對於這種說法有所爭論。無論如何，一般學者都將拉瑪猿視為人科 (Hominidae)——動物學分類上包含人類的一

繼之而起的是南猿 (*Australopithecus*)，這一屬的人科動物生存於距今五百萬至一千萬年前的東非及南非。已發現的南猿標本數量相當龐大，但是它們的分類却是困難重重，因為幾乎每回的新發現都會被發現者宣佈為屬於一種完全陌生的新種。南猿最後在距今一百萬年左右演化成直立人 (*Homo erectus*)，人屬中最古老的一員。現已不復存在的直立人，在距今七萬五千年至五萬年前演化成智人。

上面的那種標準架構是長久以來勤奮不懈地發掘、收集化石材料，才建構起來的，所以當 1970 年代底、1980 年代初，若干學者開始冷酷無情地反擊那種見解時，許多古生物學家及人類學家都感到無比的震撼。這些科學家們，利用分子人類學 (molecular anthropology) 的各種技

如果這是實情，那麼森林猿根本就與「失落的環結」扯不上關係，它只不過是現生黑猩猩、大猩猩，以及人類的演化過程中，另一個中繼階段而已。再者，南猿與

維拉弗蘭卡冰期
(三百三十萬年前)

唐格

史特克勞坦

巧人
(奧爾杜峽谷)

多頭骨化石1470
(魯道夫湖)

東非人
(奧爾杜峽谷)

海德堡

民德靈智間冰期(六十萬)

費爾德斯雪羅斯

爪哇
(傑地斯)

藍田

北京

特尼芬

奧爾杜

斯灣斯孔

斯坦海

里斯民德間冰期(二十五萬)

智人

里斯冰期(二十三萬)

玉木冰期(七萬)

早期
尼安德塔人

晚期
尼安德塔人

卡媚爾山

梭羅

羅德西亞

克羅馬儂

現代(一萬)

波斯科普

*頭骨化石1470的號碼，表示這件標本在奧爾杜峽谷博物館的編號。

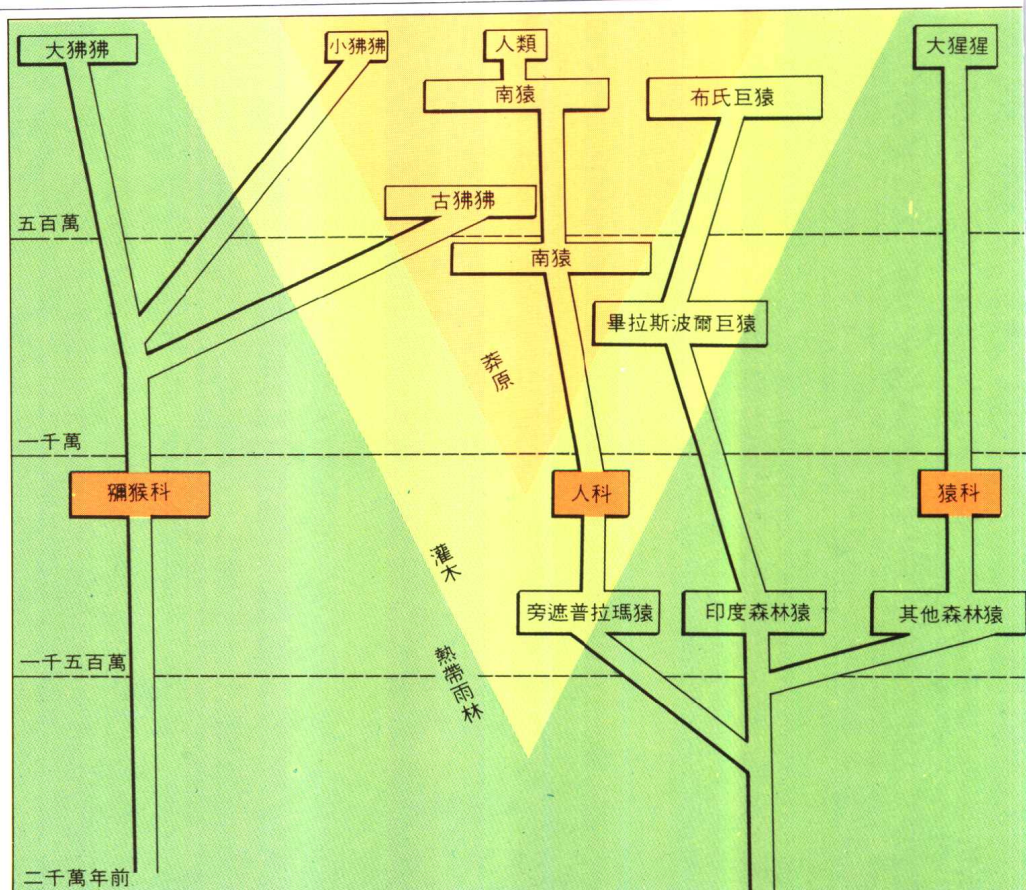
47

拉瑪猿，由於生存的時代太早了些，也就不再是所謂真正的人科動物，它們只像是嘗試著演化成類似人類的某種靈長類，但不幸失敗而走進了演化上的死胡同而已。同時，依照分子演化架構，我們目前尚未找出真正的早期人科動物——介乎黑猩猩與人類的共祖——的代表。

早期人科動物的崛起

雖然任何有關早期人科動物的推論都不免是一番空論，不過對於它們的出現，還是可以推敲出來一些可能性很高的細節。早期人科動物的崛起，最可能是如下所述的一段時期：對於靈長類的進化不可或缺的茂密森林的分佈大大地退縮，而處處有適合於棲居的廣闊草原地帶出現的時代。由於所有已知的人科動物都是用雙足走動（就是習慣性用兩條腿行走），人類的祖先很可能就夾雜在那些被迫離開森林，而移向草原的各種生物中。

這種逐漸演變成的兩足行走(bipedalism)，在人科動物的演化以及最後發展成現代人的過程中，扮演著重要的角色。



左：過去兩千萬年間，不同的靈長類(包括人類)的演化路線，與不同環境適應的關係。依照此表所持的觀點，早期人科動物演化史的特點在於逐漸放棄森林生活，而向開闊的莽原移居。

下：畫家筆下的早期人科動物，在森林及莽原環境中生活的情形。

這使得人類的上肢獲得解放，可以用來使用工具，同時這也提高了人類頭部的位位置，增加了視覺的有效範圍，使得對食物、危險有著更高的警覺性。

我們祖先的另一特徵就是他們有著較高壯的身材，這種身材使得除了可能遭受一些現生的貓科動物或犬科動物祖先的捕食之外，他們均能抵抗大多數的肉食動物。早期人科動物具有較高壯身材就是單純的體重的改變，也很可能造成由樹上移居地面的原因。

在此必須強調，現代人目前尚未被認定是由任何一種已知的人科動物演化而來，還有「早期人科動物」這個名詞也沒有很嚴謹地用來指定人類演化史中曾經出現過的任何一種高等靈長類。雖然最近的一些新發現可能可以代表我們的直系祖先，不過在演化史上的直接傳承關係還是不十分清楚。因此，仍然具有許多問題的早期人科動物遺骸的親緣關係也不太清楚。事實上，對於人科動物到底如何由早期人科動物中崛起，以及關於猴與猿到底如何由它們的共祖中分化出來，目前的認識並不十分深入。但是直立人與化石猿的那些基本差異，替介乎其間的早期人科動物該是個什麼模樣提供了一點線索。其中，最重要的差異莫過於指出，早期人科動物是朝向用兩足行動(bipedalism)這個方向發展、手(手拇指能與其他四指對握)的使用範圍增加、雜食習性(一種可以吃植物，也可以吃動物的能力，是許多靈長類都具備的一種特性)，以及發達的視力。

體質特徵

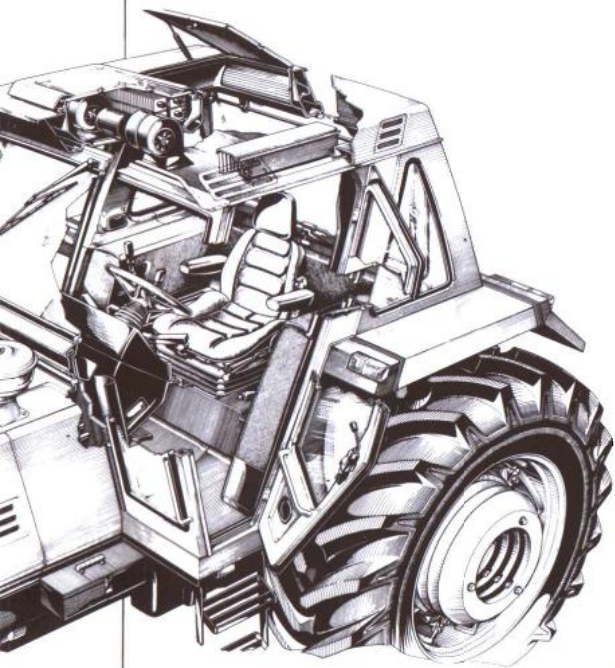
我們的祖先當中，那些姑且稱之為早期人科動物者，由比他們年代古老或晚近的各種高等靈長類來判斷，體重差不多三十六公斤，身高大約在一公尺左右。當他們走動的時候，自然免不了要用兩臂來維持平衡；不過隨著時間的消逝，對於兩臂的依賴程度也隨之降低。只要不會危及生命，他們幾乎什麼都吃。至於其狩獵方法，那就很難推斷(或者根本沒有這回事)。在一開始出現的時候，他們的手拇指或許已經可以，或許還不能與其他四指對捏，這種能力對於做抓、握的動作，以及製作工具，都是非常要緊的。但是到了最後階段的早期人科動物，他們已經能成功地將其特徵轉移給最古老的人科動物——大約在距今二千萬年至五百萬年前之間——至少演化出能與其他四指對捏的手拇指離型，這種能力在人類的演化史上是一樁極為重要的成就。

參閱第一冊 30~33 頁人類(Man)；第一冊 34~35 頁人類(演化)(Man, Evolution of)；第十二冊 70~75 頁演化(Evolution)。



曳引機 Tractor

曳引機是現代農業的馱馬。在本世紀初，體積仍然十分龐大，有些甚至高達3公尺，重約18噸。是將內燃機引擎安裝在以前專為蒸汽動力設計的巨大底盤上。這些早期的農業機械如此強固，竟然可以在第一次世界大戰期間改造成軍用坦克。當汽車工業的技術正式地應用於農業需要時，曳引機的重量就迅速地降低了，到了西元1920年代末期，打氣輪胎代替鐵輪以後，使得曳引機在大部分的地面都很有效率的運作，而且對所有大小的農田來說都很實用。



現代農用曳引機的駕駛室——上面是剖視圖，右面是照片——提供越來越多的舒適，和汽車裏的乘客一樣。裝著彈簧的座椅可以吸收因缺乏懸掛系統所造成的震動，在炎熱的氣候裏，駕駛室也可以裝設空氣調節器。

現代的四種曳引機

現代的曳引機提供牽引的動力來驅動固定或可動的器物——像犁、耕田機、播種機、刈草機、收割機、鑽孔機、堆高機、劈木機和鋸子，同時可操作裝貨機、升降機、挖土機和刮土機等。

曳引機可粗略地分成四種：三輪(tricycle tractor)、四輪(four-wheel tractor)、爬行(crawler tractor)和雙輪(two-wheel tractor，單軸)走路型。雙車軸的曳引機，包括爬行式曳引機，可以適應不同的馬力和大小，也就能夠擔任各種粗細的工作。依據工作的需要、產生的動力、配合的設施、迴轉的半徑和離地距離等的不同而有不同的形式。

三輪式的曳引機有既大且寬的後輪，以便在地上產生最大的牽引力。引擎的動力只傳給後輪，這種車輛的標記便是前端比較小的單輪(或是靠在一起的一組輪子)。它曾經是標準的曳引機，但是到了西元1960年代却成為過氣的形式，因為農人，尤其是西歐的農人，比較喜歡四輪的形式。

四輪型比三輪型穩固，它有較大的後輪和較小的前輪，但是兩對輪子都安裝於等寬的車軸上，使它們同在一條線上。如果配備有動力輔助的前輪，則能提供比三輪

型或只有後輪驅動的四輪型更佳的牽引力和較少的需油量。到了西元1980年代，大部分的農人都選用四輪驅動的曳引機。

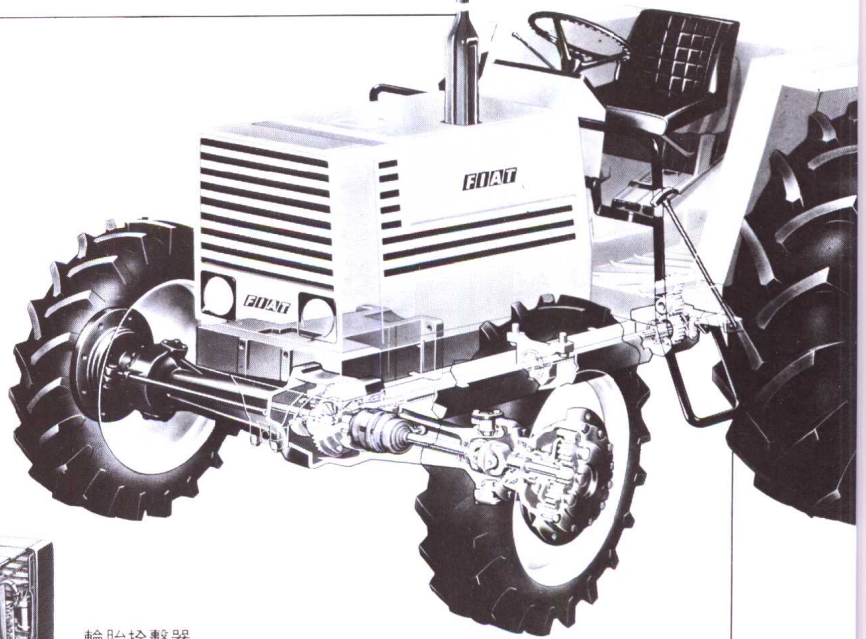
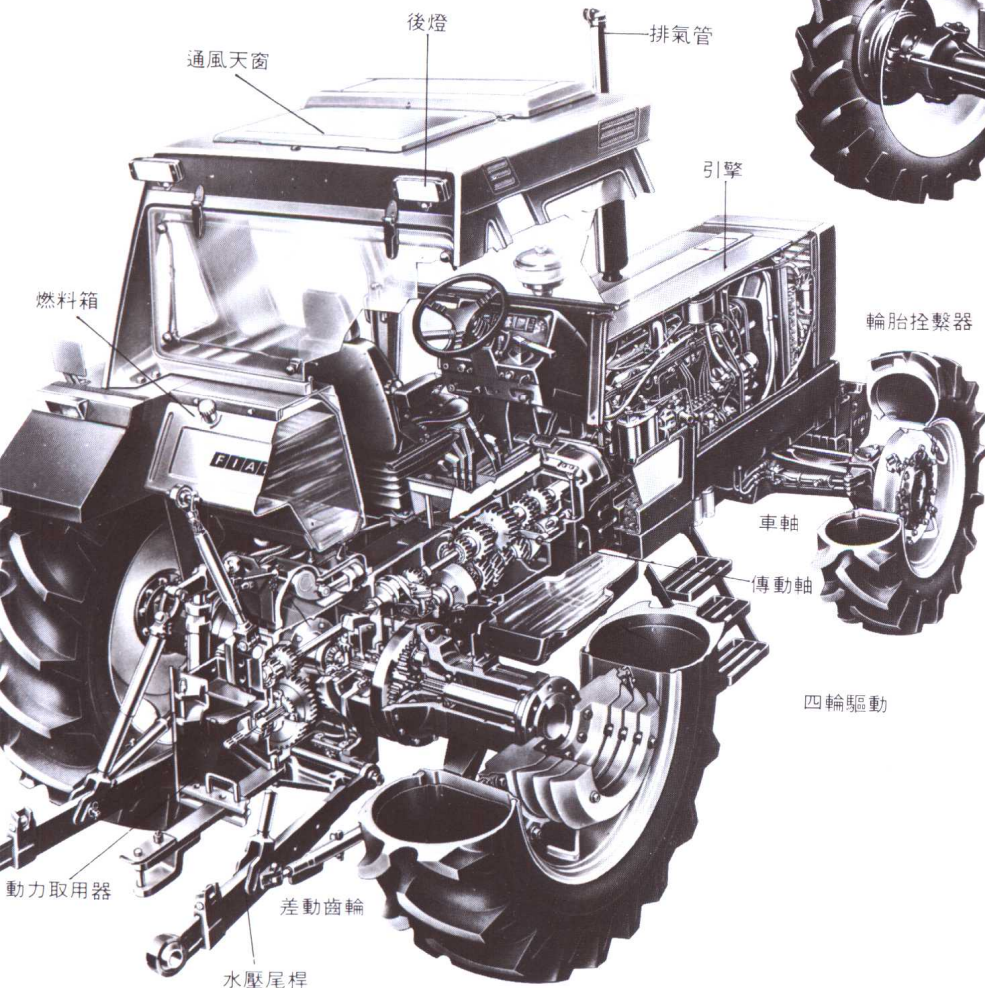
輪動式曳引機並不像汽車一樣有懸掛系統。拴住引擎和車軸的支撐結構就是傳動裝置、離合器、水壓機構、驅動軸和差動齒輪等機件的外殼。大部分的輪動式曳引機都是使用橡膠輪胎，一般的工作都能勝任，只有特別粗重的場合才用到鐵輪。

爬行式的曳引機靠兩條環繞在兩旁驅動輪上的循環寬鐵鏈(履帶)行走，到了1970年代，強而有力的四輪驅動曳引機使爬行式曳引機相形之下如同廢物。但是如果需要大附著力和低地面壓力時，爬行式曳引機還是用得到的。走路型的曳引機較小，是使用單驅動軸的低馬力機器，它們大部分使用於整理草坪和花園的工作。引擎通常在前端，工具則附於輪軸之後。

除了兩輪式的設計是由單人走在後面操縱外，所有其他形式都是由上面的駕駛座來控制。四輪型和三輪型的都是用駕駛盤操縱；單軸式曳引機用把手操縱；爬行式是用分開的槓桿來操縱離合器，能夠運轉一邊的鐵鏈使曳引機轉向鐵鏈運轉較慢或停止的那邊。鼓式或圓盤式煞車器作為後驅動輪或是輪式和爬行式的差動齒輪之制動裝置。兩種煞車系統都可以使每個輪子



下：四輪驅動的農用曳引機的驅動系列和主要零件的剖視圖。
 可以用不同的器具加在尾桿上拖曳，而且動力取用系統可以提供機械能給拖曳的器具和固定的裝置。
 右：四輪驅動曳引機的前軸細圖。
 下右：農用的小型爬行式曳引機。



大部分較大型的引擎都是使用柴油作燃料。汽油和液化石油氣也可使用；在1970年代，酒精也變成很重要的燃料。

工作設備的動力是用動力取用裝備，透過轉軸由傳動裝置得來的。動力取用裝備的操作有水壓式，也有人力式，以便和引擎動力嚙合或分離。其運作和曳引機的速度無關，動力取用器可設計為一段式或兩段式，視工作的需要而定。

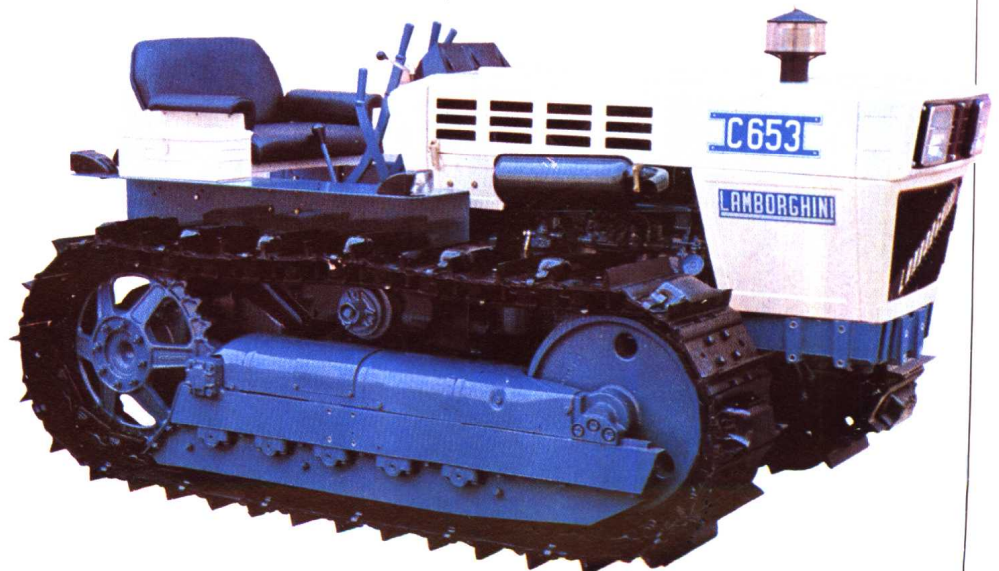
其他工業

工業或建築用曳引機，和農業用四輪或爬行式曳引機的原理是相同的，但它們較粗重有力，而且有較高的道路速度。它們主要用在牽引、建築和開鑿等機器上，像推土機、挖土機和裝貨機等。

能夠獨立停止，使曳引機能做尖銳的定軸迴轉。

主要組件

曳引機的主要組件是引擎、傳動裝置和離合器。曳引機的引擎有四衝程火花點火式和柴油引擎兩種。它們和一般汽車引擎不同的是它們是設計來低速運轉的。一般不在道路上行駛的曳引機時速是6.5~14.5公里，能在道路上行駛的時速大約32公里。較大的四輪曳引機的動力可高達500馬力，而較小的則可以少至10馬力。走路型的曳引機通常在5~10馬力這個範圍。



有害生物 Pests

每個人都知道在野餐時，被小蟲侵擾是一件多麼惱人的事。因為牠們干擾到我們的生活，使我們感到不適或使我們挨餓，因此我們認為這些生物是有害生物。但牠們不過僅為覓食而已。換句話說，一種動物之所以成為有害生物，並不是牠本身有害，而是以其對人類的關係而言。

生態學的觀點

人類是植物和動物，以及各種自然作用所形成之生態體系的一部分。生態體系乃為吾人維護永續生存所需之食、衣、住等等資源的來源。當然所有其他生物生活之所需亦取自生態體系中。顯然其他生物會

嘗試着利用人類為自己所保留的資源。事實確是如此，因為我們有能力將資源收集在一起；例如我們在一地區種植單一作物，然後將收穫物予以貯藏，而另一種喜歡此種作物之動物會發現其食物集中在一處，而感到極為方便，於是聚集過來，與人類競爭，以享受此種作物之利益。如老鼠偷吃農民收穫的穀物即為一例。

一種動物或微生物之所以成為有害生物，乃因其與人類競爭之成功，致使人類所需之資源受到被剝奪的威脅。與有害生物之競爭實為一極其嚴重的問題。最近估計全世界糧食生產之三分之一至二分之一因有害生物而損失。

我們必須了解，人類本身亦為其他生物之資源。致病之生物及寄生物，利用吾人之身體作為棲居地與食物，以致影響到我們的健康。我們認為這些直接與間接威脅我們健康的生物皆為有害生物。

有害生物之例證

昆蟲為最常成為有害生物之動物。但對重要作物有嚴重危害的亦僅有少數之數種昆蟲。脊椎動物中的齧齒類，如田鼠與家鼠之成為有害生物，乃因其偷吃貯存之糧食與傳播疾病。某些鳥類，如烏鴉與白頭翁有時也達到有害生物之情況。在某種情況下，甚至一些大型動物如狐狸與鹿，亦



可能被認為是有害生物。總而言之，不論任何動物，只要它開始剝奪人類所需之資源，即為有害生物。（許多植物亦與人類競爭資源，但這些植物我們稱之為雜草。）

有害生物之防治

防治齧齒類有害生物之方法主要有三種。第一種之目的是藉機械的方法將其消滅；捕鼠器即為最簡單的防治有害生物的機械裝置。較澈底的機械方法還包括以火燒或淹水的方法毀滅其巢穴。

還有防治齧齒類的生物方法，即為利用自然的作用以調節有害生物族羣之數量。

最簡單的生物防治之例證，即為農民用貓捕捉老鼠，也說明了如何利用天敵以限制有害生物。

最後為防治齧齒類的化學方法。有多種化學藥劑為其食用後，其作用雖各有不同，但皆足以殺死齧齒類。因為這些毒藥常對其他脊椎動物，包括人類，亦有致死作用，故在利用時應特別謹慎。

參閱第六冊 122～123 頁害蟲防治 (Insect Control)。

圖示可分為兩部分。左方為自然環境，該處掠食者與被食者間之平衡，使得昆蟲與有害動物受到控制。右方為人為環境，為單一作物種植制度之小麥田；使其平衡受到干擾的，除了少數常侵入小麥田中之野薔栗與雜草外，田中皆為小麥生長。原來生活在此地競爭的動物與昆蟲之數量受到極大的限制，因而形成不安定的情況；某些有害生物因無天敵而繁殖，致使其為害遠超過在自然狀況下低度族羣之程度。



並非所有科學研究費心的努力均可獲得良好的效果。對於神秘的「生命力」(vital force)——一度被認為是所有有生命物體的「靈魂」的探尋，居然也進行了好幾個世紀。此一理論典型的代表人物是德國的醫生兼化學家史塔爾 (Georg Ernst Stahl)。西元 1694 年，史塔爾和他的密友兼同事霍夫曼 (Friedrich Hoffman) 成立了哈雷大學 (University of Halle) 的新醫學院。

他們二人攜手合作，但是後來却因一項嚴重而基本的歧見使他們鬧翻。霍夫曼像牛頓及那時候的科學家一樣，把生命有機體看做是能用古典力學來解釋的機器。另一方面，史塔爾却認為有機體有生命，必須藉助一種力量的導引，這種力量他用拉丁字 *anima* 表示。這個字的使用產生了「生機論」(animism) 一詞，也就是相信有生命的物體，例如人類、植物、動物等都具有某種神秘的內在生命，或是說「生命力」。

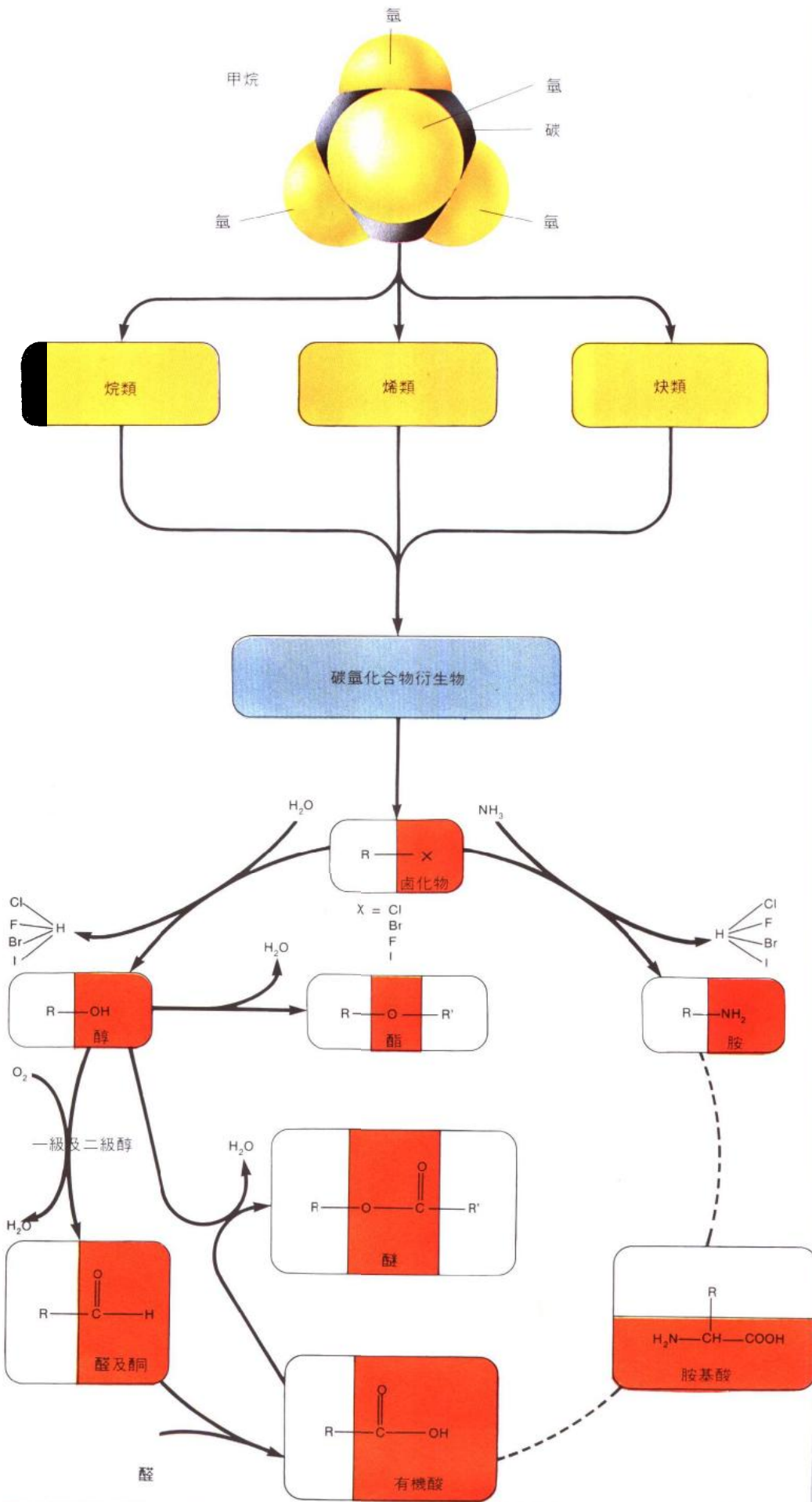
史塔爾並不是發明生機論或生命力的人。此一概念可追溯至亞里斯多德(Aristotle)時代，也許比那時代更早；或許可以遠溯至反對將人類機械化地擬成岩石、礦物及其他無生命物質的第一個哲學家。

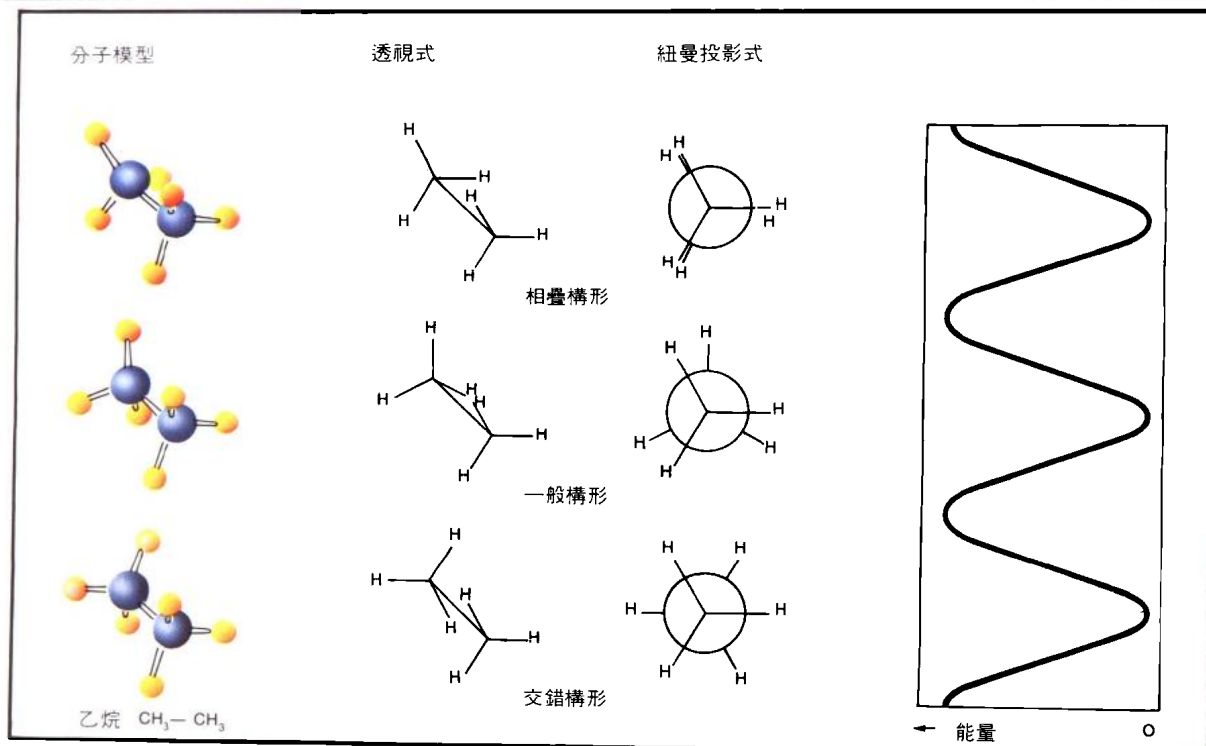
在這方面，柏濟力亞士(Jöns Jakob Berzelius)是個重要的人物，他在西元1807年創造了「有機化學」(organic chemistry)一詞，沒有其他人像他那樣地堅決相信生機論了。

最後，由於惠勒(Friedrich Wöhler)等科學家的實驗工作，證明了霍夫曼是對的，而史塔爾則是錯誤的。西元 1828 年，惠勒在他的實驗室成功地將無機物或礦物結合，產生了一種典型的有機物質——尿素。(它幾乎是所有體液的成分，尤其是在尿液中。)當然，他不曾藉助於諸如「生命力」的參預而完成了此項工作。惠勒因此證明了並非是有生命的物體才是有機化合物的唯一來源。

有機化學概念

有機化學的研究可遠溯至化學史上惠勒及其他人的發現之前，那時物質分成兩大類：源自岩石及礦物的，歸於無機物(inorganic)這一類；而源自植物及動物的，則歸於有機物(organic)這一類。雖然大家都知道有機物可以在實驗室裏合成，而





一有機分子的反應性不僅和其成分元素有關，同時也環繞碳原子的空間排列有關。左：乙烷分子模型，鍵的空間排列，最後一欄是，兩個甲基 CH_3 的旋轉，圖形表示隨著分子形式不同而有能量的變化。這種振動是很大的，它解釋了最強及最弱的反應性。

不必源自生命體，已有一百多年之久，「有機」一詞還是十分有用的。

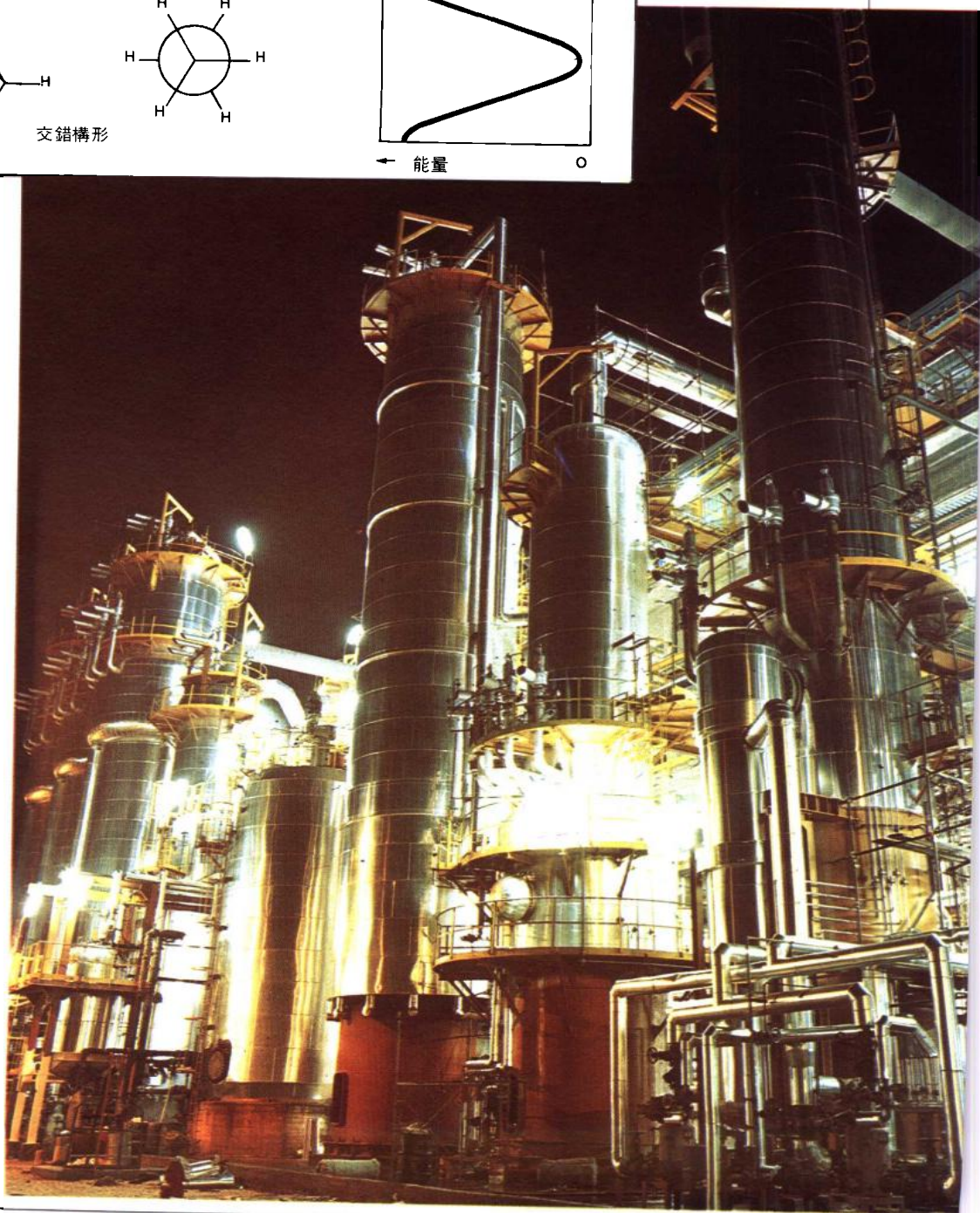
有機化學是專門研究碳(carbon)化合物的科學。事實上，「有機」化學若稱為「碳」化學或許比較適當。因為所有由植物或動物分離出來的有機物質，都是碳的化合物。碳的化合物組成了植物及動物體內物質的主要成分，甚至是一個單細胞有機體也含有成千個碳化合物。

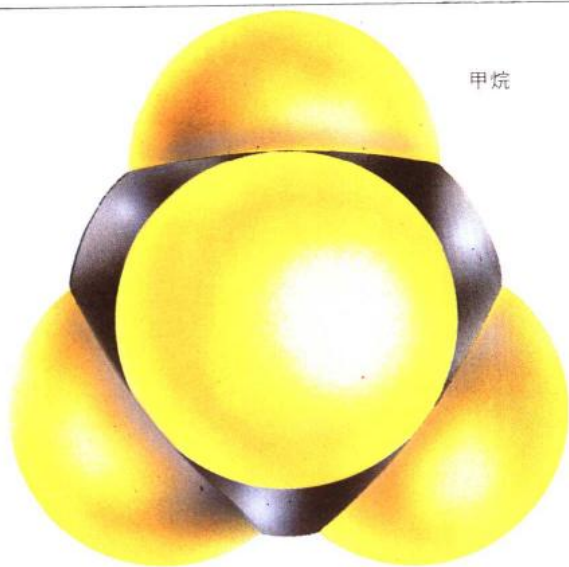
碳的化學符號是 C，原子序是 6，這表示碳原子內的核子被六個電子包圍，其中四個是價電子，也就是能和其他元素的價電子結合形成化合物的電子。

有機化合物的特性

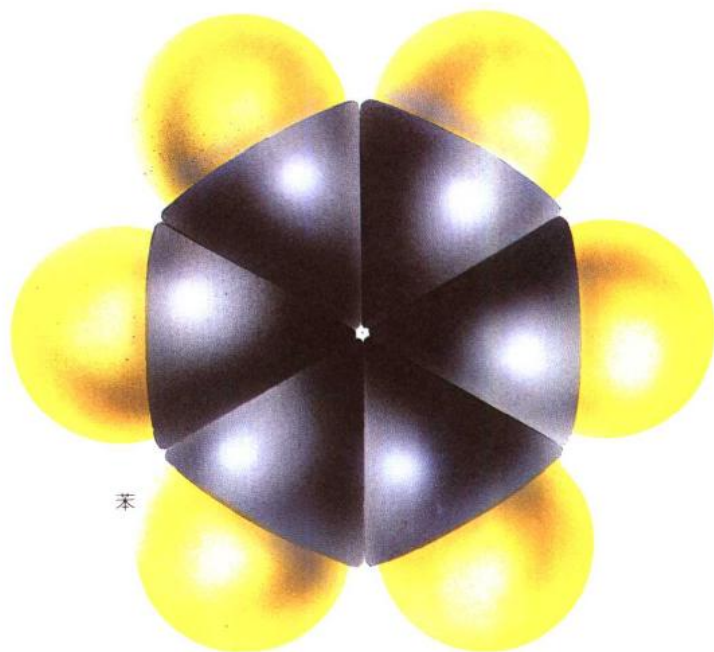
碳原子能與別種原子及其他的碳原子共用電子而形成環或鏈。有機化合物也可以形成同分異構物，也就是由相同原子所組成而排列方式不同的相異物質。(分子越大，則由其原子所能組成的同分異構物數目也就越多。)

碳能形成化合物的能力是非常驚人的。已合成並已確定的有機化合物不少於五十萬個，而可能的數目甚至比這個更龐大。能夠有這麼多碳化合物存在的原因，乃是碳能與許多元素結合，包括氣體氧及氫在內，也包括非金屬如硫和矽，以及許多的金屬。而碳能以許多不同方式形成化合物，是因為它可以和其他的碳原子形成很





甲烷



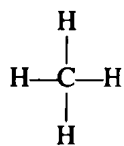
苯

強的鍵。因為此一特性，便可使無窮多個碳原子連接成鏈，巨大的分子即圍繞着不同長度的碳鏈而形成。碳鏈可長可短，可以直得像一條線，可以分叉像樹枝，也可以形成環狀像輪子或像戒子。

有機化合物依其結構可分成三大類：脂肪族化合物(aliphatic compounds)、芳香族化合物(aromatic compounds)及雜環族化合物(heterocyclic compounds)。

脂肪族化合物

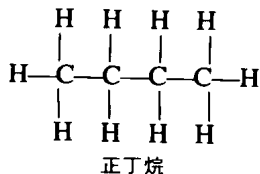
我們先討論甲烷(methane)的結構式(甲烷是天然氣的主要成分)，它是碳化合物中最簡單的一個。當碳和僅有一個價電子的元素結合時——如現在這個例子是氫——碳原子利用它的四個鍵和四個氫結合形成化合物(即甲烷)，其結構式如下：



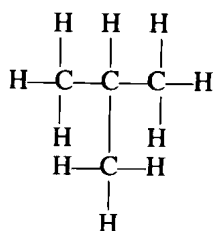
甲烷

碳原子在四面體的中心，四個氫原子則位於四個角落。此一式子為甲烷分子的二度空間圖。

脂肪族化合物的鏈可以是直鏈(如正丁烷 n-butane)或支鏈(如異丁烷 isobutane)。



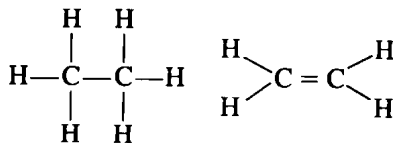
正丁烷



異丁烷

此二化合物都是碳氫化合物，也就是僅由碳和氫所組成的化合物。

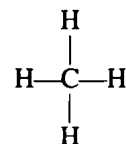
脂肪族化合物可以是飽和的(如乙烷 ethane)或不飽和的(如乙烯 ethylene)，飽和的化合物(saturated compound)僅含有單鍵(single bond)，而不飽和的化合物(unsaturated compound)至少含有一個雙鍵(double bond)或參鍵(triple bond)。



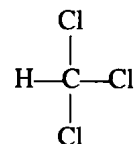
乙烷

乙烯

若在脂肪族化合物中，用不同的元素取代氫原子，則得到含有相同碳鏈結構的取代化合物。例如：將甲烷的三個氫用氯原子取代，便得到三氯甲烷(trichloromethane, CHCl_3)或是氯仿(chloroform)。

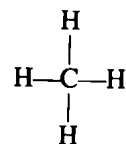


甲烷

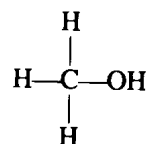


氯仿

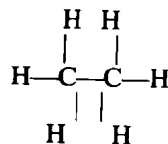
在有機化合物中，若用羥基($-\text{OH}$)取代其中的一個氫原子，則得到醇(alcohol)類的化合物。例如，甲醇(methanol，甲基醇)是源自甲烷，而乙醇(乙基醇，酒精)則源自乙烷。



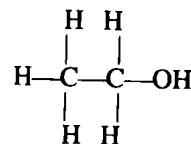
甲烷



甲醇



乙烷



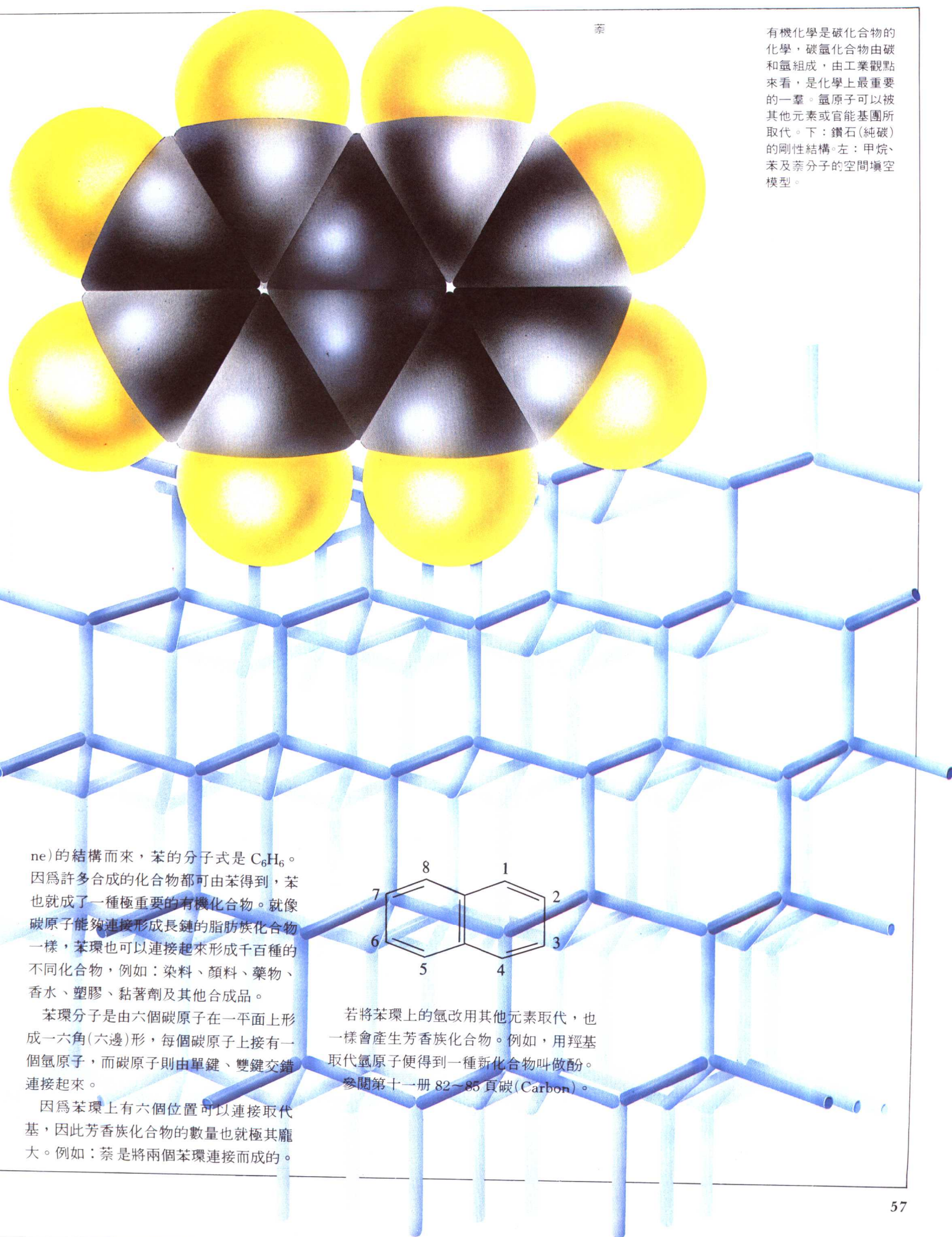
乙醇

芳香族化合物

芳香族化合物是因為它們都具有特殊的氣味才如此稱呼(但是它們的氣味並不一定都是香的)。此一名稱起初是用於一些天然油精，使它們和脂肪族化合物有所區別。

芳香族化合物的結構是根據苯(benze-

有機化學是碳化合物的化學，碳氫化合物由碳和氫組成，由工業觀點來看，是化學上最重要的一羣。氫原子可以被其他元素或官能基團所取代。下：鑽石（純碳）的剛性結構。左：甲烷、苯及萘分子的空間填充模型。



有機金屬化合物 Organometallic Compounds

「有機金屬」聽來似乎有些矛盾。有機意味著生命，而沒有其他的物質會像金屬一樣的與生命無關。當我們了解了有機化學是研究碳原子的科學時，矛盾之處即可迎刃而解。有機金屬化合物是一種以金屬原子和碳原子鍵結在一起的化合物。有些有機金屬化合物對生命過程很重要；維他命B₁₂是其中之一，它是一個稱為鈷胺(cobalamin)的碳化合物，其中包括了一個金屬鈷原子。

主族和過渡金屬

有機金屬化合物區分為兩大類：一類包含了主族金屬(main metal)的原子，另一類包含了過渡金屬(transition metal)的原子。此處「主族」和「過渡」是取決於元素在週期表上所在不同的位置(週期表是根據元素的原子特性而排列的表)。如鋁、錫、鉛和鉍等是主族金屬，而鋅、鐵、銅、銀和金等是過渡金屬。至於其他的元素具有部分金屬特性，例如矽要將其確認

為金屬，則仍有爭議。因此，化學家們對於碳化合物包含一個矽原子，是否為真正的有機金屬化合物，至今仍在爭議之中。

主族元素的有機金屬化合物

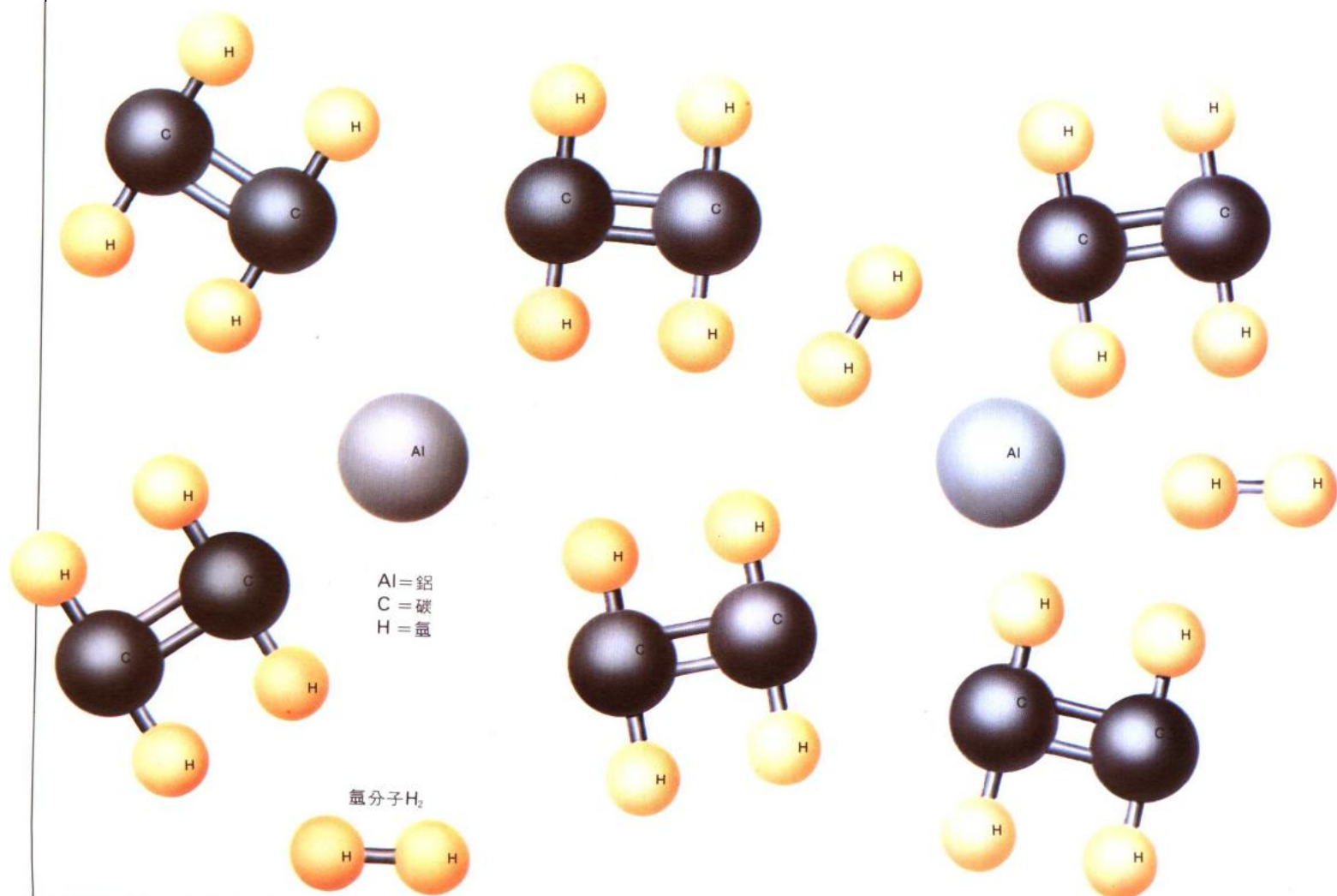
主族元素的有機金屬化合物，有很廣泛的用途。最近，最主要的例子是四乙基鉛(tetraethyl lead)，被加到汽油中以防止引擎震爆。四乙基鉛的功能是延遲汽油在引擎內的點燃。不過，引擎所排出的鉛化物却干擾了一種裝置，這種裝置在廢氣尚未進入大氣之前先將廢氣淨化，由於鉛化物使這種淨化空氣的裝置失效，因此造成了空氣污染的問題。為了這個緣故，四乙基鉛的用途日漸衰微。

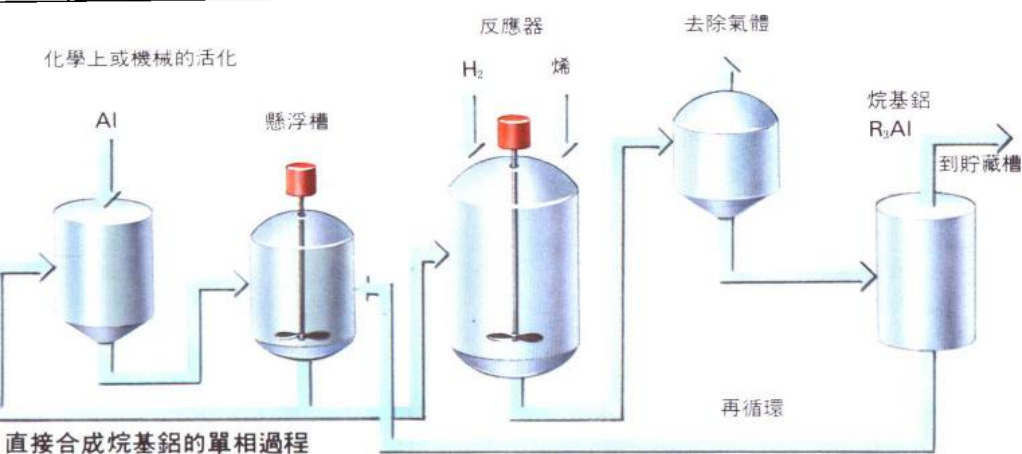
有機鋁化合物用於合成橡膠及可以生物方法破壞的清潔劑，和藥用化學品等的生產。有機錫化合物作為聚氯乙烯(polyvinylchloride，簡稱PVC)的安定劑，幫助PVC在加熱時，能保持它的特性，例如顏色等。有機錫化合物是黴菌和其他微生

物的有效毒藥。雖然，它們也用於保存木材，保護各種農作物和在船上用於抗污的塗料。含特殊金屬——如鎘和銻——的有機金屬化合物，則應用於半導體電子零件的生產。

過渡元素有機金屬化合物

含有過渡元素的有機金屬化合物，與含有主族元素的有機金屬化合物，有不同的用途。有機過渡金屬化合物，本身通常並不是一個最終產品，也不具有產品的種種用途。反之，它們被當作催化劑，在生產最終產品的過程中，加速化學反應的進行。工業上有許多的化學反應，本身進行得非常緩慢，因而很不經濟。催化劑能將反應物的原子帶到相鄰的位置，進而加速反應的進行。不過，催化劑本身並不參與反應。雖然，當反應終了時，反應物已經轉變為一個新的產物，而催化劑却仍保留了它在反應開始的原來面貌，且能從最終產物中被分離出來。



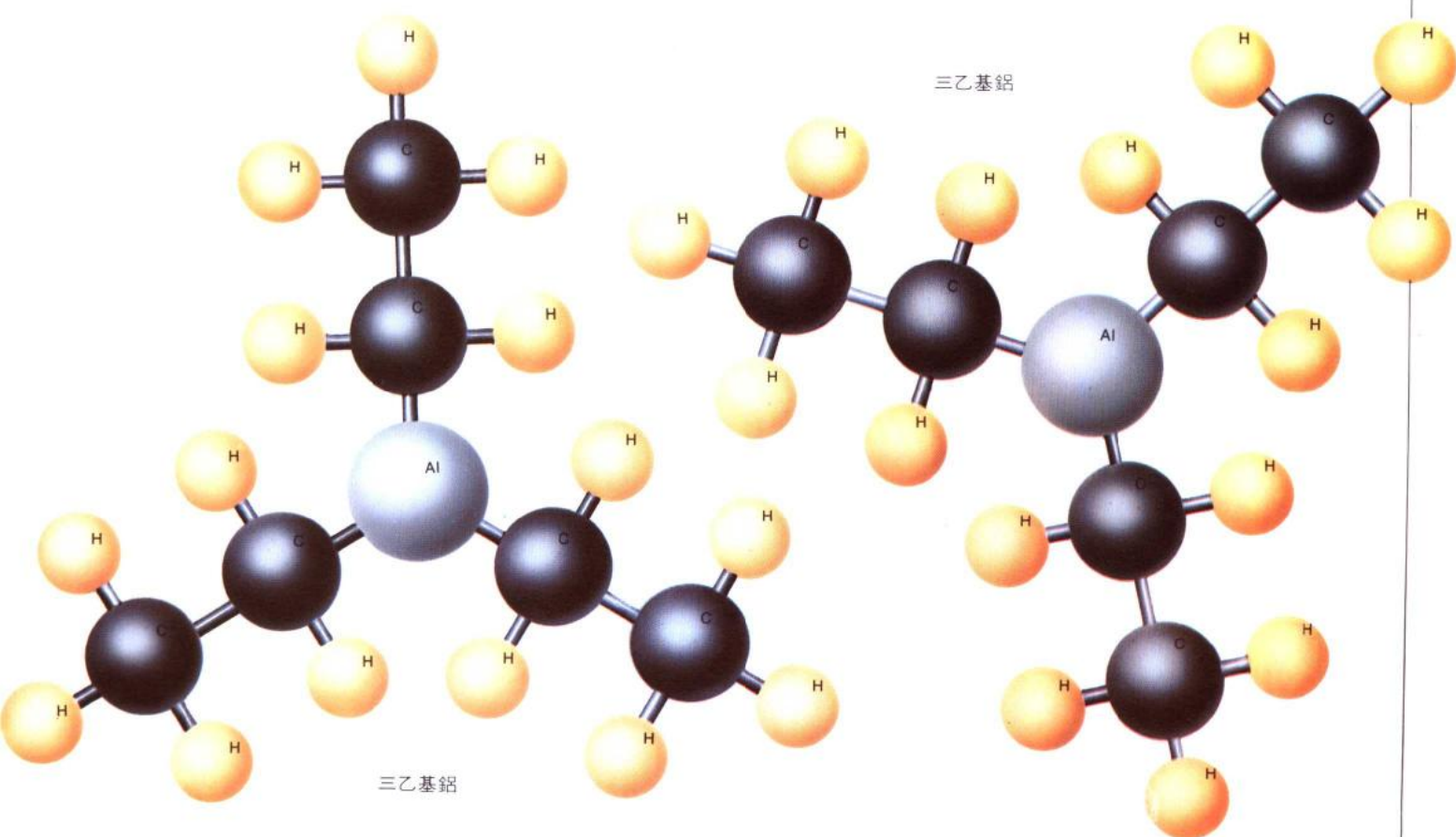


直接合成烷基鋁的單相過程

在有機金屬化合物中，有一個化學鍵存在於碳和金屬之間。在此，它們代表了有機與無機化合物的交集。對這些化合物的研究成果，應用到工業界的有如：加氫化過程應用了有機鈷催化劑；烯類聚合反應的催化作用，是以一個鈦有機金屬衍生物來達成的；含鋁的有機化合物也成為烯類聚合反應的重要催化劑。上：從烯、氫和鋁產生鋁烷類如三乙基鋁等的生產過程。在反應前，鋁被純化及活化，且以化學的方法或研磨的方法以增加表面積。

有些催化劑的功用是加速反應產生許多不同的產物。不過，有些催化劑有非常特別的功用，它們能影響反應的選擇性，即反應中只產生一種或兩種產物。當它發生時，有些包含過渡元素的有機金屬化合物展示了這個特性；它們能作為高選擇性的催化劑。現在，在石油化學工業界，大約有十幾種大規模的製程，利用有機過渡金屬催化劑來製造各種的產品，包括塑膠、合成纖維和汽車冷卻器的液體。人們也發現到，生產 L—dopa 藥物的最有效方法，是利用一個有機過渡金屬催化劑。遠觀未來，化學家們正在研究如何使這些催化劑，幫助我們從煤炭中生產特定而有用的碳氫化合物。這些過程能使煤炭變成合成燃料，使煤炭取代石油的日子早些到來。

參閱第十一冊 112 ~ 115 頁聚合物 (Polymer)。



死亡 Death

有史以來，對於死亡的精確定義就成為人們爭論的一個主題。傳統上，人們的注意力都集中在那些處於昏迷狀態下被誤認為死亡，而加以活埋的例子（有時候，甚至在棺木內尚可發現抓痕）。長久以來，醫生們都在找尋一種可以確定一個人是否真正死亡的方法，然而，今日人們所注重的觀點則與昔日相反；目前，人們所爭論的是，如何決定某一個人是否仍活著。因為醫學的進步，當一個人所有生命的徵狀都消失時，是否拔掉呼吸器開關的問題，已經成為醫學倫理討論的主要課題。

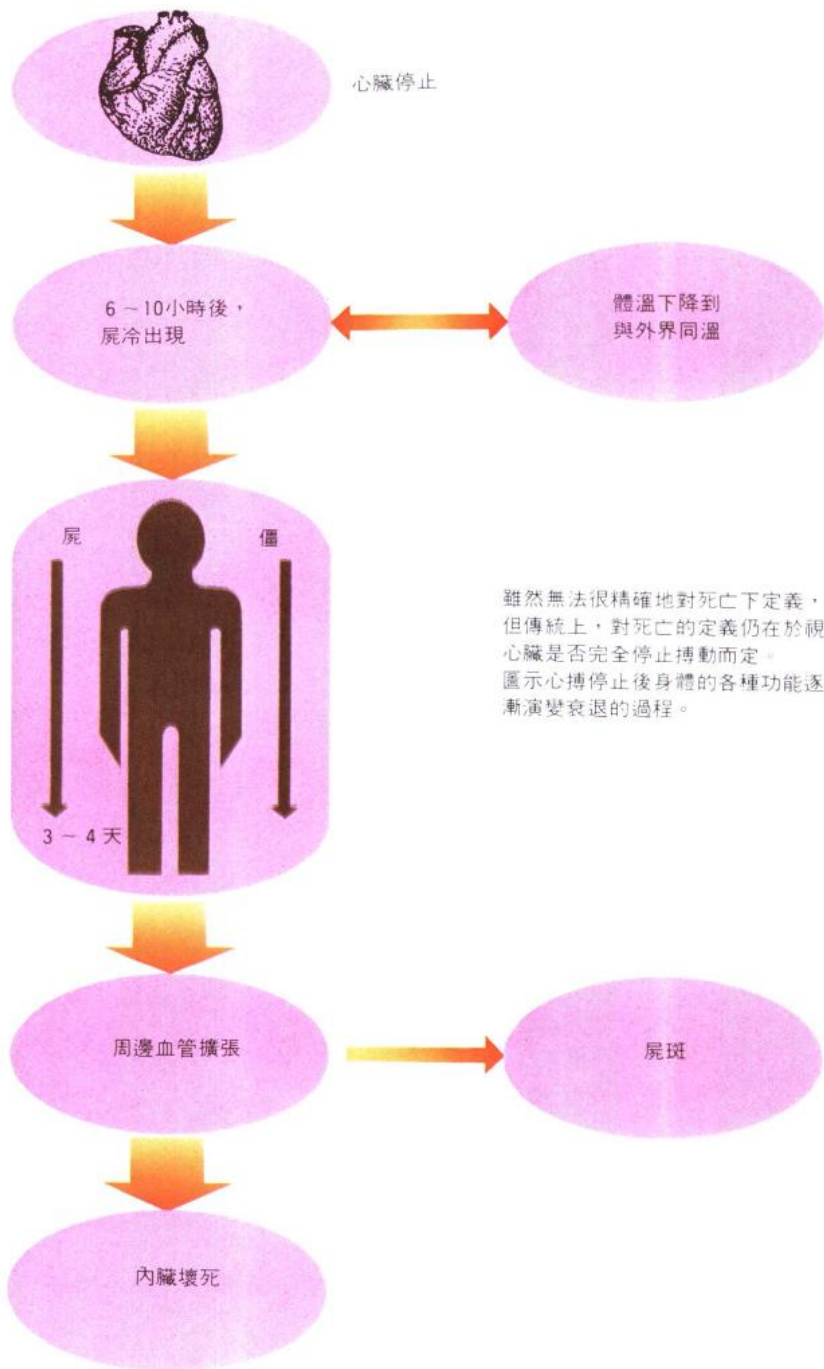
死後的變化

人體在死後會有許多變化，而對這些變化出現時間的了解，確實有助於科學家們確定死亡的原因。因為，自從由剛斷氣的病人身體取得器官移植於另一病患身上的觀念，為人們所接受後，醫生們更需要具備這種能力來判斷正確的死亡時間。人死後不久，血液就開始凝固；在此之前，眼睛會喪失某些反射，自主呼吸會停止（四肢、嘴唇變成藍色）；心跳、脈搏也會停止，然後，沒多久血液就開始凝固。

屍體的溫度會下降到和周邊的環境一樣，即所謂的屍冷(algor mortis)。關於屍冷的快慢，則與當時環境及屍體身上所穿衣物的數量有關。屍僵(rigor mortis)的成因是肌肉僵硬的結果，通常開始於死後5~10小時，會由頸肌開始僵硬。屍斑(livor mortis)乃指出現於屍體下面的紅藍色斑點；這是因為血液受地心引力的作用，而向下流動之故。

瀕死

瀕死是一種心理歷程；由於這個問題的



主要死因(百分比)	法 國	英格蘭和威爾斯	西 德	東 德	瑞 典	美 國
心臟循環疾病	31,1	50,8	47,2	55,7	54,1	51,5
癌症	23	22	22,7	16,6	22,5	20,6
意外	8,8	3,5	6,6	6,3	6,9	8,2
呼吸疾病	6,7	14,3	5,8	6,7	5,5	5,8
消化道疾病	6,1	2,5	5,5	4,3	3,6	3,6

幾個高度工業化的西方國家之主要死因（以百分比表示）。除了美國有著複雜的人種外，其他國家之間因遺傳差異很小，所以各死因所佔比例各國不同，乃因生活方式與飲食習慣不同之故。

重要性引起人們的注目，直到最近才開始被研究出來。做這項心理研究的旨意在於使末期病人與其家屬不會那樣痛苦、難過。瀕死的過程分成五個時期；第一個時期的反應是震驚與不相信，病人會拒絕相信這樣的診斷，而去找另一個醫生，希望能夠推翻原來的診斷。一旦診斷確實，被病人所接受後，第二期的反應就是憤怒；病人覺得被人遺棄，也許會虐待在他周圍的親友——甚至於是那些想幫助他的人。第三個時期則是對多活一、二年做心理的討價還價(bargain)——通常是信仰的改變。然後，明白了生命即將結束，病人會陷入極度的沮喪，除了最親密的人以外，通常會拒絕接見任何人。最後的時期，便是到了完全接受此一事實的階段了。

對死亡的爭論

由於很多昏迷的病人可以用呼吸器繼續維持生命達數年之久，所以對於構成死亡的定義成爲一個令人頭痛的爭論問題。有許多從前被認爲不能復活的情形，今日却可使其復活，因此，有一羣醫學研究小組正嘗試以現代的醫學科技來對死亡下定義。醫生們建議，只要腦永遠喪失其功能，對外來的刺激無反應，不能自主做呼吸與肌肉動作，則此昏迷病人便應視爲已死亡。此外，無腦波的活動和極低的血壓也是認定死亡的參考條件。然而，有些醫生則認爲這樣的狀況要持續 24 小時以上，才能宣佈死亡。由於今日的專家們可以救活一些以往被認爲無法復原而必死的病人，所以隨著醫學與科技的進步，我們對於「無法復活」的定義必須加以修正。

腦死

以「腦死」作爲判定死亡的依據，早已在人類的发展史上存在。古代行刑，以砍頭爲執行死刑的方法；當頭顱被砍下來掉落地面的時候，受刑人的心臟在短時間內還在跳動，但是沒有人會說這個沒腦袋而有心臟跳動的軀體是一個活人。西元 1968 年，美國哈佛大學提出以腦死作爲判定死亡的依據，旋即被醫學界廣泛的接受。

在哈佛大學提出腦死的觀念之後，不到 3 年間，於西元 1971 年在美國明尼蘇達州有兩位神經外科醫生韓文提出革命性之建議；他們發現，一旦有不可恢復性之顱內病變，如果由臨床之判斷，確定全腦幹已發生不可恢復性的損壞，則生命已達到

「不回歸點」(point of no return)，病人將沒有復活的希望，而這種「腦幹死」可以不必依靠實驗室之檢查，完全由嚴格的臨床檢查來判定。「腦幹死就是腦死，也就是一個個體的死亡」，這個觀念已漸漸被世界各國的醫生們所接受。

就腦部的結構與功能而言，人的腦部可分爲大腦、小腦與腦幹；小腦主司平衡與動作之協調，與生命的維持無關；大腦的功能是司營思考、記憶、認知、行動、智力、語言、以及其他高級腦活動，但它與生命的關係沒有腦幹那麼密切；腦幹之體積雖然很小，但它與一個人的意識、呼吸和心跳有極密切的關係。當我們談及「腦死」的問題時，首先必須認識到底在什麼情況下才能判定腦死呢？

有些病人，因腦部本身的疾病或因其系統的疾病而併發之腦病變，導致大腦半球的功能喪失，而呈植物人之狀態。植物人乃指其大腦結構受損，功能無法復活，但是腦幹的功能仍然存在，而且身體內臟器官仍然具有功能。依目前之觀念，這種病人不能認定其爲死亡。此外，有一種先天

性的畸型，小孩子生下來只有腦幹而沒有大腦半球；這種小孩，四肢能動、會呼吸、有心跳、會吸奶，而且有臉部的動作。這種畸型兒生下來，沒有人會說這個嬰兒是死亡的；植物人也是類似這種情形，所以只憑「大腦死」不能做爲判定死亡的依據。

當原發性之腦幹部損壞而使腦幹的功能完全喪失不能再恢復時(即腦幹死)，一個人即陷入深度昏迷、呼吸停止，如果不使用人工呼吸器給予急救，心臟也將在幾分鐘之內停止跳動。此時腦部已遭受嚴重破壞，但身體之臟器可能仍然保持正常，若使用人工呼吸器供給臟器的氧氣，使其細胞維持生存，心臟的跳動也能推動血液而輸送氧氣與養分以供應細胞之需要；但是，如果腦幹遭受不可逆性之損壞，則生命已超過「不回歸點」，再也沒有復活意識及生命的希望了。因此，爲了能夠利用死者之新鮮臟器作爲器官移植之用，以「腦幹死」作爲「腦死」之判定是最合理、最恰當的依據。



對死亡做科學的分析是近年來的研究。在過去，死亡被認爲是神的審判，正如上圖一幅十七世紀的油畫所示。

羊 Sheep

雖然在人類中，認為「邊跑邊吃」是不禮貌的，但這種行為對牛、羊和山羊等動物而言，却是不可或缺的生存方式。所有的牛科動物都是反芻動物，而羊亦是牛科動物的一員，故羊也具有反芻動物的特性。牠們經常快速地吞食食物，先在胃中作初步的消化之後，等到較空閒時，再反芻至口中，作進一步的咀嚼並消化，這種特殊的進食方式，需要有特別的胃來配合。羊的胃分成四室，各有所司，可以容納大量未消化的食物。其中有一室稱為瘤胃，容量大，內有液體，含大量之細菌，可和食物混合，進行發酵作用。細菌可將食物（如草、乾草和粗糙飼料等）分解成各種可消化的營養物質，再由其餘各室的胃作進一步的消化分解。這種發酵過程對僅具有單胃的動物是不可能的，也因為如此，這些反芻動物得以避免和那些肉食性動物產生對食物的競爭。

歷史上的羊

在歷史上，羊對人類現在安定文明生活型態的建立，貢獻甚大。牠們是那些最早被人類飼養的動物之一，時間約在 8,000 年前就已開始。在史前時代，北半球的高山地區，直到平地的草原，都可見到羊羣的踪跡。羊類能適應人類的馴養，對人類的幫助非常大，為人類食物中的蛋白質和脂肪，以及用作衣服的羊毛和羊皮，提供了一個固定的來源。羊係以羣體方式飼養，並可由這地區遷徙至另一地區，這兩種特性更可以幫助游牧民族四處遊居，而沒有食物缺乏或不新鮮等的困擾，進而開發了許多過去沒有人類居住過的區域。羊的飼養對於我們祖先另一個重大的貢獻，則是使得游牧打獵式生活型態消失，進而建立起固定居處的文明生活。

羊的形態

羊的體形矮胖，其重量隨不同的品種而異，約在 40~130 公斤之間，其鼻口部位狹而光滑無毛，中間有裂縫隔開，嘴唇可依食物種類而改變外形，牠們可在滿地青草的田野，摘食苜蓿的葉子，亦可將整片青草地吃成不毛之地。絕大多數的野生山羊都擁有一對彎曲的角，但只有極少數的飼養品種仍保有角。

羊在出生後一至二年之間進入性成熟期，可以開始交配繁衍後代。羊的壽命約有七至八年，但亦有一些品種的羊可活至

二十歲者。母羊（牝羊）大多在秋季或初冬時懷孕，孕期長達五個月，每次懷孕可產下一至二隻小羊，但在某些特殊情況之下，亦有一次五胎的記錄。小羊在牠們出生後的數週之內，即可學會吃草維生，但母羊仍會花三至五個月的時間來照顧小羊的生活。

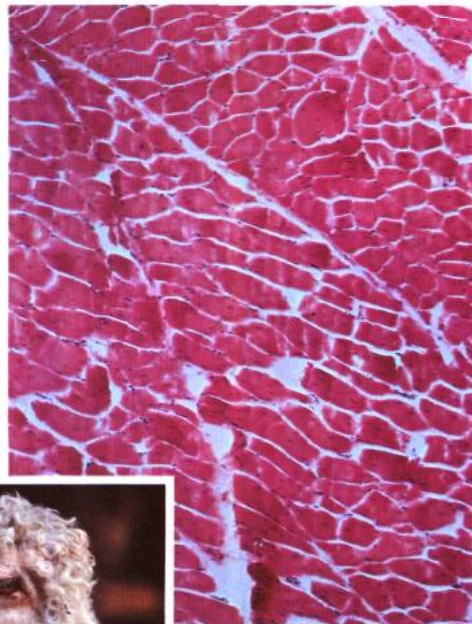
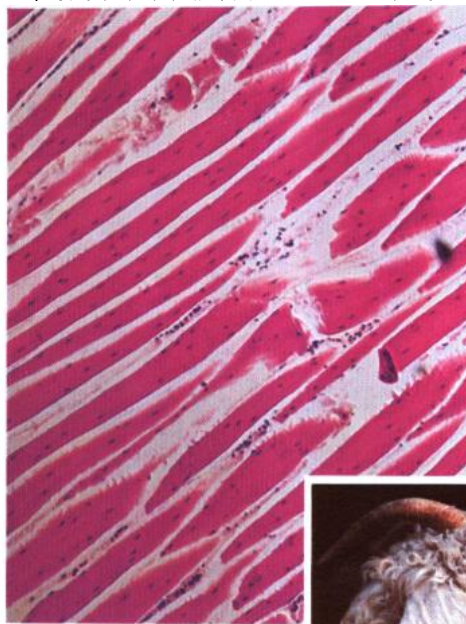
「溫馴如小羊」絕不是錯誤的說法，羊是一種溫和的動物，過著羣居生活，正常的情況之下，羊羣由一隻年長的公羊所領導。羊一天的生活開始於清晨太陽微現光芒之時，牠們在山坡地上，吃多汁的牧草，這種吃草的活動，幾乎佔去牠們大半的時間；中午牠們會小睡片刻，黃昏時再

繼續吃草。羊個性溫和，不喜抵禦掠食動物的侵襲，但當牠們被逼至絕境時，會起而抵抗。牠們也會攻擊那些侵擾小羊的敵人，被攻擊時，羣中的一隻母羊會帶引小羊羣至安全的地區，而其他的羊隻則包圍並攻擊入侵者。羊的智力不高，每年都有

下：左圖是小羊肌肉的縱切面，在各纖維之間有空隙。右圖是羊肉的斜切面，展示溝狀的肌肉構造。

中：公羊。

最底下的這張照片是正在水槽喝水的卡樂庫(Karakuru)公羊。



許多的羊死於倉庫火災之中，這是因為在大火時，羊常因太害怕，以致沒有離開火場所造成。甚至某些被牧羊犬趕出火場的羊，亦會反衝入火場中。雖然牠們沒有心智的靈巧，羊却擁有驚人的預測天氣的能力，牠們的軀體可以感受極微小的氣壓變化，在人類尚未發現異樣之前，羊却早已知道在數哩之外有暴風雨了。

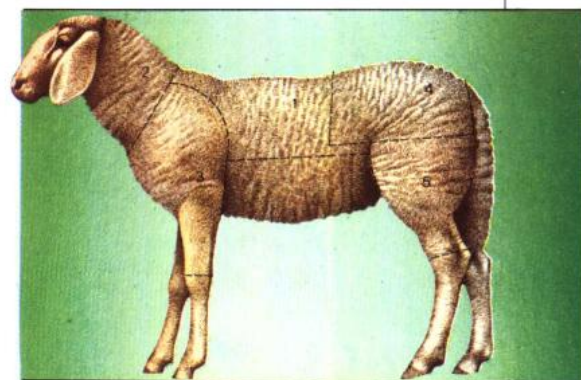
在日常生活中，羊對於人類的貢獻是非常廣泛的，最主要的是供應小羊肉和羊肉作為食用，其次是供應羊毛和羊皮做為衣服。美麗奴羊(Merino)這種品系是世界上最著名的羊毛生產種，牠的羊毛品質細緻，毛量多，非常受大眾的歡迎。中東地

區的國家，利用羊奶和羊酪做為食品，但這種食品對西方國家人民的口味而言，是太油且鹹了些。

羊必須得到合適的飼養和水分的供應，才能產生羊毛和羊肉等產品，供人類利用。羊的食物包括 95 % 的粗糙飼料(用做反芻)，其中最好能包含短而軟性的作物，如含蛋白質量多的豆類乾草。羊每天需要約 0.25 至 2 公升的水，其量視食物種類和氣候的情況而定。然而，在某些特殊的情況下，這些強健的動物也可以忍受非常惡劣的環境，牠們可在無水供給的情況下，生活許多天，這種特質使牠們在嚴峻的氣候之下，成為真正的救難者。

特徵	山羊肉	小羊肉
顏色	深紅色	白色或淡紅色
質地	堅韌	柔軟
分割情形	有阻力，粒狀，無花紋。	柔軟，紋理細緻，絕不會有硬塊。
氣味	麝香味	弱，有牛奶味。
脂肪	常沒有脂肪層包圍，肉內的脂肪呈白色或黃色	稀少，外有一層脂肪，肉內的脂肪呈白色且硬。
外表	深桃紅色	帶青色
解剖	短的肌肉纖維集成較粗的束	纖細的肌肉束和柔軟的細胞肌肉纖維集成較細的束
烹調	烹調慢，令人不舒服的麝香味。	烹調快速，味道柔嫩。

人類利用羊以小羊最多(70%)，其他幼羊(15%)和闖公羊與山羊(15%)各半。小羊若在出生後二月之內宰殺，其肉柔軟，呈桃紅色，瘦肉多。幼羊約在斷奶後100天左右內宰殺。而我們一般吃的羊肉，羊騷味較重，則由年紀較大，至少出生一年以上的羊中取得。
右：羊肉的一般切割法。
左：羊肉和山羊肉的特徵比較圖表。



刀切面

利用情形



大都用於烘烤

胸



價格低，用於燉煮、煮湯

頭



烘烤、燉煮

肩膀



主要部位：整塊的烘烤、小羊肉切碎

腰



主要部位：烘烤

腿

羊毛 Wool

你若有在寒冷的冬天圍圍巾的經驗，一定會知道羊毛質料的保暖和絕緣性質。羊毛是一種天然纖維，取自綿羊、山羊、駱駝和駱馬身上之毛。早在西元前 4000 年，羊毛就被人們用於衣著方面。中東古國巴比倫 (Babylonia)，其字面上的意思即為「羊毛之國」(Land of Wool)。西元 50 年左右，正值羅馬帝國全盛時期，羊已經被大規模地飼養、放牧和剪毛了。從那時候開始，羊毛因其絕緣性和多用途而成為全世界最受歡迎的紡織品。

羊毛衣著不僅冬天可以保暖，夏天亦能使人涼爽。穿著羊毛製之衣物特別舒服是因為它能吸汗，使皮膚不會感覺潮濕。雖



上：因為羊毛生產尚未達到自動化的程度，因此剪毛的工作至今仍由人工來做。洗毛與刷毛後之羊毛通常要染色，再拉長成紗線以便紡織成布料。

左：為染色後之羊毛。

下：手動紡錘是使用了數千年的紡紗工具，但現在已經很少用了。

右：編織用的羊毛紗線。



然羊毛主要用途是製作衣物，但因其質地強韌而堅固，使其在毛氈和地毯工業中也佔了絕對的優勢而勝過其他紡織品。沿襲傳統，羊毛亦用於藝術領域中，聖經上約瑟穿的彩色外衣，據說就是羊毛縫製成的。以描述歷史事件和表現民族特性為題材的中世紀織錦畫，即利用羊毛紗線當材料所編織出來的；Navaho 印第安人的地毯與毛氈，圖案複雜且五彩繽紛，這也是攪雜羊毛之混紡織品。

羊毛成品供應人類之衣著是我們現在視為理所當然之事；然而從羊身上的毛要轉換成為人身上穿的衣物，這其中一連串的過程却和幾世紀之前同樣是件相當困難的

生長出來的，類似於人類的毛髮；由一種含 18 個胺基酸之蛋白質——角質素所組成。其纖維呈捲縮或稜紋似之波浪狀，像一個捲曲的彈簧；即使用力拉直超過 20 萬次之後，它們也絲毫不損地回復原來捲曲的樣子。這就是羊毛紡織品具有彈性的原因，羊毛纖維經編織後，仍然保持其伸縮性質。

每一股羊毛均為雙層構造，外層稱為表皮，是一層薄而多孔的鞘，覆蓋並保護內部細胞，如魚的鱗片一樣。這層表皮可防水但却能吸收空氣中的濕氣，羊毛織成布料時，能吸收本身重量之百分之三十的水分。因為這種吸水的性質，使得羊毛衣物

羊毛纖維一旦由羊身上剪下後，用 bench 和 trap 方法，依羊毛品質或等級來分類，稱為選毛；最好的纖維是取自羊背部和近羊頭兩側之毛。分好的羊毛用肥皂——鹼性水溶液或揮發油洗毛，除去污垢和雜質。有一種冷凍法，將羊毛油脂凍結，也是洗毛方法之一。洗淨的羊毛即可進行染色，因為羊毛具吸水性，所以很容易染色，而且通常不易褪色。染完色後，羊毛再經分類、刷毛（解開打結處並理順纖維），用機器重新摻雜纖維，整理後拉緊，將羊毛用紡紗機紡成羊毛紗。到了這個階段，紗線均需檢查分等，然後拉入（或穿入）織布機，開始編織成布料。織好



事。儘管電動化的製作機、織物原料植物充足和製衣工廠林立，使得紡織品之生產容易得多，但羊羣的飼養仍是一種專業化的工業，且大部分的剪毛工作仍然由人手使用電動剪刀來操作。不同品種的羊，例如：美麗奴羊（Merino）、蘭伯特羊（Rambouillet）和澳洲羊等，其羊毛的質地與特性各有不同，製造業依所需而挑選特定品種之羊毛。人類飼養優良品種之羊，以便取得最好且兼具各種優良特性的羊毛。

羊毛如何製成

羊毛是透過羊皮膚表面的毛囊或小孔而

既舒服又能維持衣物本身之良好形狀。纖維之內層稱為皮質，由數百萬個皮質細胞所組成。在顯微鏡下能夠看到羊毛纖維呈對稱且又重複的複雜梯狀圖案；當整團羊毛纖維糾纏在一起時，這種圖案實際上就是一種化學鍵結，出現在合成蛋白質時之接點處，所形成的分子稱為多肽鏈。皮質的中髓，即為纖維的核心，經由這條通路，羊毛纖維能得到營養和潤滑油，然後將養料分佈到整條纖維中。羊毛脂是羊毛纖維的潤滑油合成的產物，可用來製造潤膚劑、肥皂，甚至最近常見的類固醇藥物。但是，這種纖維若用於紡織品之製作則嫌太粗糙且不乾淨了。

的羊毛料，大部分種類其百分之八十以上之體積充滿空氣，因此造成其絕緣和高彈性的性質，使羊毛布料既輕又暖。

羊的飼養花費昂貴，因此羊毛產品的價格也跟着提高。雖然市面上已有類似天然羊毛衣的合成毛衣出現，但全世界每年生產三十億噸羊毛，並沒有任何徵兆顯示，在不久的將來羊毛會被人造纖維所取代。

羊皮紙 Parchment

曾經有一位西元十五世紀時的匿名作家這樣的打趣羊皮紙，他說，勃艮地(Burgundy，法國東部地名)的肥羊可以作成很鮮美的羊肉，却只能製成「粗糙帶有雜紋」的羊皮紙。這對於勃艮地民衆的胃來說，是一大福祉，却苦了勃艮地的作家與學者，他們痛苦的在書房內(scriptoria)，將古代寫於巴比魯士紙(paper的前稱，papyrus為古代用於編製成「紙」的植物名)的手稿謄抄在羊皮紙上。雖然源自西元前3000年，埃及已將巴比魯士草很嚴謹的加以處理成適合於書寫用的表面，但由於巴比魯士草植物的特性，使之無法在潮濕的空氣中長久保存。特別是地中海城市如雅典和羅馬，那兒的法律和哲學性文件在社交生活中扮演了極重要的角色，因此紙張的永久性也特別受到重視。巴比魯士紙的製作，是將巴比魯士草的髒心切成薄片，把它縱橫編織後，在水中浸濕、壓緊後即能使薄片密接而成平滑適於書寫的表面，惟經過一段時間後，會逐漸破碎

是不可能的事。

及至西元二世紀時，發展出一種將長篇論文集合在一起的新方法。將羊皮紙張用切割工具把邊緣切割整齊，再將同一邊縫合起來，就形成了一冊典籍或書。如果集合成冊的羊皮紙張大小是原來摺疊一次以後的大小，我們稱它是對開本(folio)。對開本仍相當的大。如果是摺疊二次，則稱為四開本(quarto)。

羊皮紙如何製作

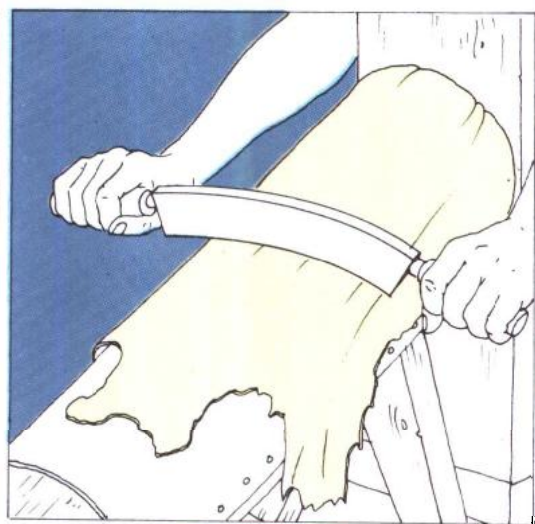
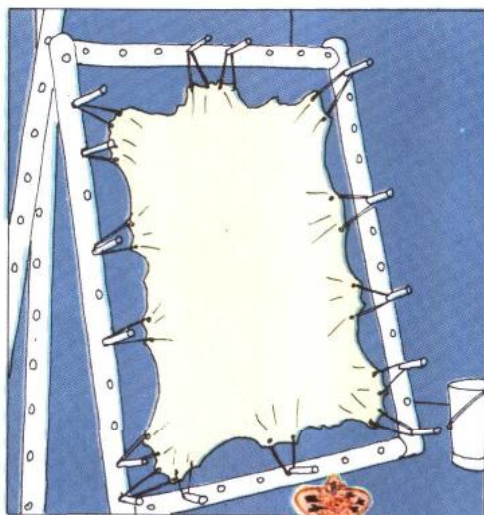
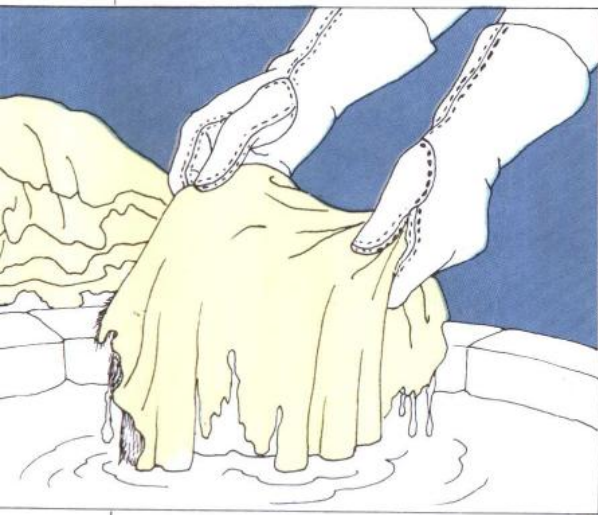
製作羊皮紙的過程，叫做鞣製(tawing)，鞣製的方法幾世紀以來改變得很少。將山羊、綿羊和小牛的皮洗滌後，放在石灰水中連續的浸漬，並刮除皮上的毛。然後將獸皮放在一個長方形的骨架上撐平，用冷水清洗在獸皮表面逐漸形成的不透明之膠狀薄膜。並於慢慢乾燥的過程中，用一種半月形刀來回的刮磨，直到表面光滑而且留在獸皮上會腐敗的有機殘骸清除乾淨為止。乾了的皮則用滑石粉和浮

石粉沫擦拭，平滑後再切割成書頁形狀。

製作完成的羊皮紙張具有令人愉悅的白色書寫面，比起巴比魯士草製成的紙張要好得多。最高級的一種羊皮紙稱為偉倫皮紙(vellum)，是由剛出生或死產的羊和小牛皮所製成的。這種羊皮紙獲得了中世紀書稿彩飾者的最高評價，因為它的表面平滑又有光澤，和紙張一樣的薄又好。最粗糙的一種羊皮紙是由驢或狼的皮所製成，從早期古物的發現上，可知多數用來作鼓面，罩在空木桶的開口上。

歷史

羊皮紙的英文名字「parchment」似乎是由小亞細亞城市白加孟(Pergamum)演變而來的。很顯然的，傳說是在西元前197～前159年之間，羊皮紙的製造是那個地方的一個重要工業。不過，羊皮紙並不是由白加孟這個地方發明的，因為在西元前四到前三世紀間，有一個拉丁字「membrana(薄膜)」，已經相當的流行了。羊皮



與脫色。羊皮紙張則是利用動物皮來製作，獸皮中的天然油脂使紙張富有彈性，也使得古代手稿免受水氣與熱濕的破壞與分解，而得以保存。

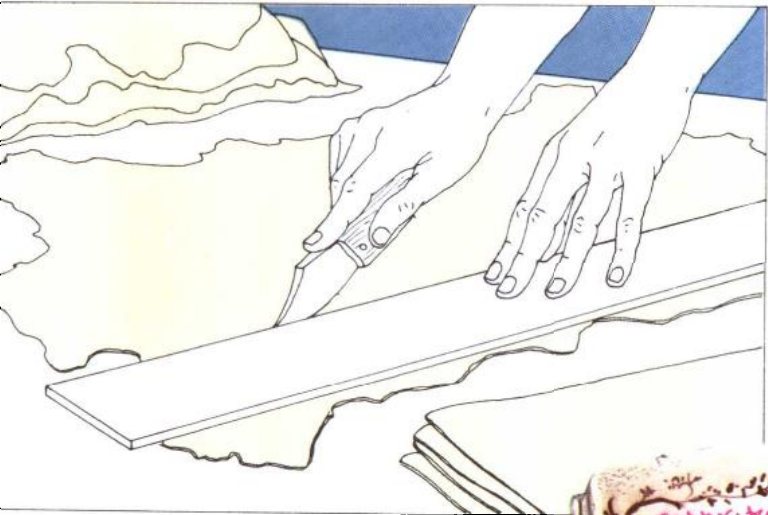
羊皮紙製成的書冊

最早的羊皮紙文件並不像今天的書一般集成冊，而是像巴比魯士紙手稿一樣，將一張張羊皮紙切割成長方形，然後縫在一起形成卷軸，有的卷軸可長達46公尺。研讀這樣的文件，實在有些困難和笨拙，因為卷軸總會自己捲成一團，而且若想很快就找到特殊的某一段文字，也幾乎



紙的使用，隨著基督教神父而由羅馬向西北方在歐洲傳播開來。他們喜歡用這種可以持久且精緻的羊皮紙來傳錄祈禱文。至於用木質紙漿製造的紙張，從中國經回教西班牙而引進了歐洲，製造起來較便宜，漸漸地取代了羊皮紙的製造。今天，真正的羊皮紙只用在需要保存的特殊法律文件或國際性外交文件上。人造皮紙，一般稱植物皮紙，是由加工過的纖維紙漿所製成，用來包裹很軟或堅硬的食物，如牛油或乾果。高級羊皮紙或藝術羊皮紙等類似羊皮紙的高級紙張，則是將正規的紙漿用強酸或鹼處理的化學紙漿所製成。

右：西元1568年的古畫，圖面顯示羊皮紙的製造曾經是歐洲城市中，街頭上一種相當普遍的行業。現在幾乎全被木質紙漿製成的紙張所取代。羊皮紙只用來準備某些特殊的外交和法律文件。



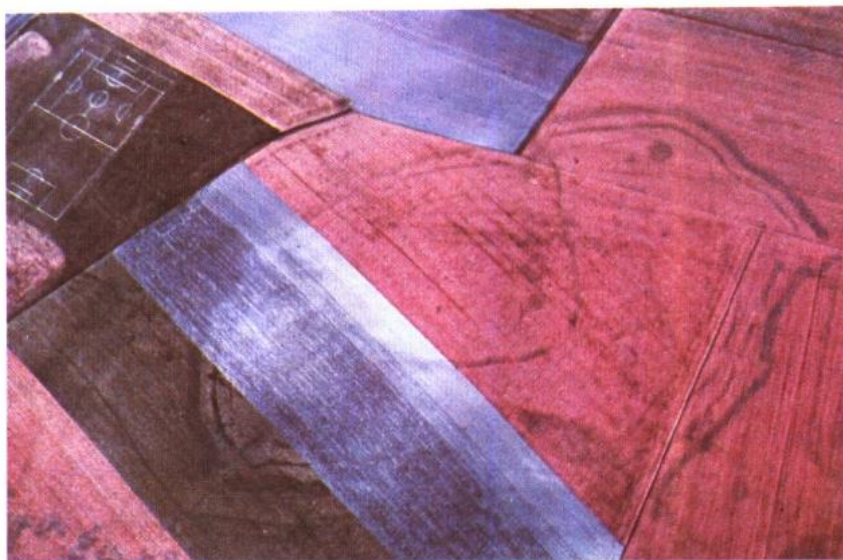
上：一連串的圖面顯示由生皮到完成羊皮紙的過程。由左到右，浸漬、伸平、來回的刮磨，切割成形到完成。羊皮紙除了傳統上用於法律文件上外，也一度被中世紀時的僧侶們廣泛的使用於抄錄書稿。
左：二件由羊皮紙作成的成品，一件是十八世紀小亞細亞思瑪納 (Smyrna) 地方猶太社會中的結婚合約。另一件是奈及利亞埃保 (Ibo) 部落祭典所用的鼓。



考古學 Archaeology

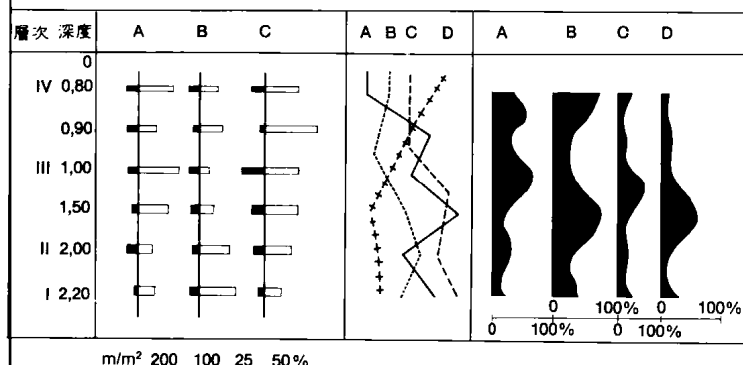
雖然某些最精采的考古發現是由於機緣巧合，不過絕大多數的考古發現、考古材料的解釋，以及人類在有文字記錄前之歷史的重建，都應該歸功於科學。和許多其他的學問一樣，考古學這個名詞也是源自希臘文——archaia(古代的)及logos(學理或學問)。考古學為研究過去人類的物質遺留——內容包羅萬象，由西元前十四世紀的古埃及王杜唐卡門的陵墓中所發現的黃金面具；到在偏僻的溝渠中所發現的西元1951年型的凱迪拉克敞篷轎車無所不包。

考古工作的步驟可以分成三個主要階段：一、田野工作(field work)，這是找尋及發掘考古遺址的過程；考古遺址是指有可能為古代文明提供新線索的地方。二、分析，這是對各種物質文化的研究、描述及比較，還包括年代測定的一種科學性的探



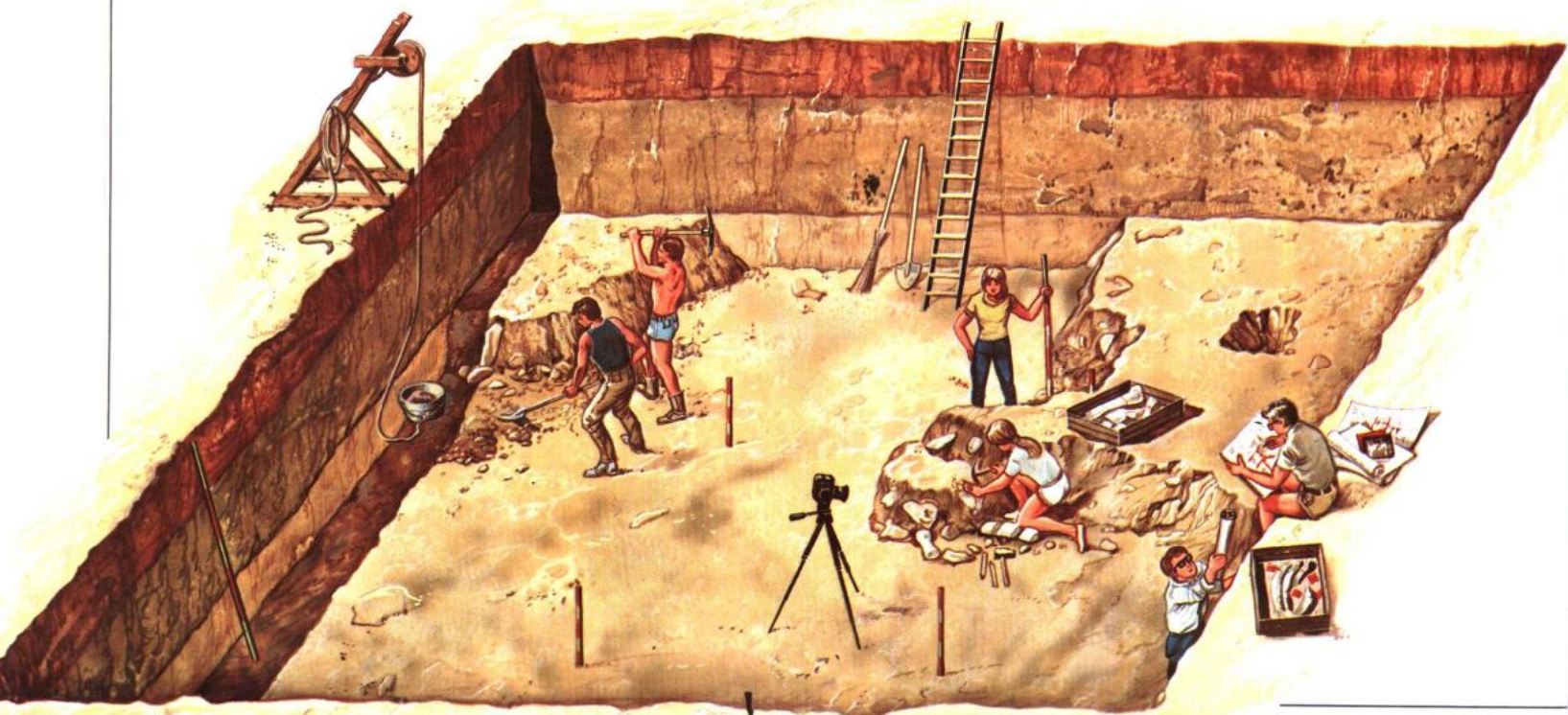
法國尚碑附近一處新石器時代營地遺跡的航照圖。

不同深度的土壤中，花粉含量變化的剖面圖



考古研究的第一階段工作中，包括找出一個值得發掘的遺址。航空攝影術可以提供很有用的線索，因為埋在地下的考古遺跡會影響地面上植物的生長情況。

左：圖中所示是土壤中花粉含量變化的剖面圖。即使在局部的地理景觀被自然因素或人為因素擾亂的情況下，它也能指出相關的土壤層位。花粉來自不斷隨氣候而改變的植物羣，因此是提供考古遺物年代的重要線索。



討工作，將各種考古發現拼湊成無文字的歷史。三、解釋，這是利用分析所得的材料，重建古代的生活方式，並說明它們是如何、為什麼變遷，以及到最後消失無踪。本世紀由於學者的地質學及物理學知識不斷增加，這兩種學科的技術都非常成功地應用於考古學的研究。

田野工作

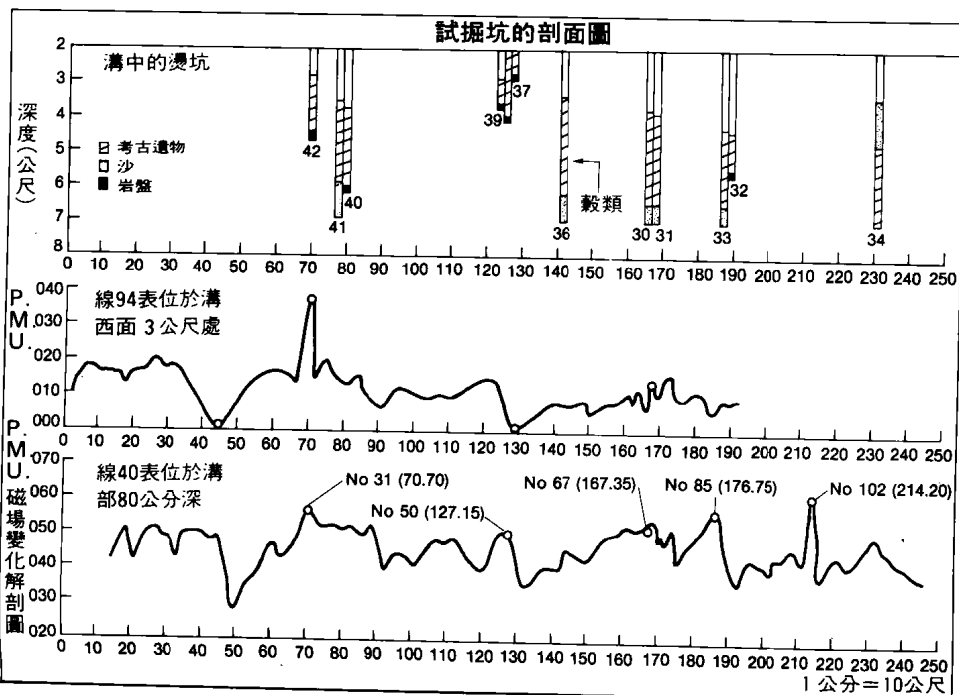
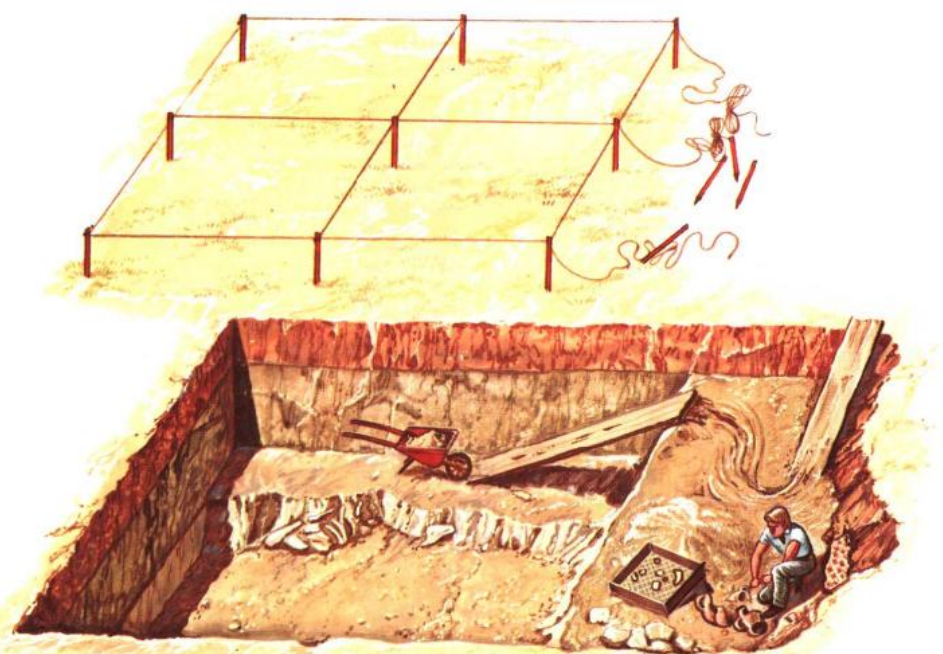
西元 1940 年，四名法國學童結伴到拉斯垢(Lascaux)去獵兔子，結果碰上了廿

世紀考古學上的一次重要發現。當時，他們跟著獵狗追向一個洞穴的深處，發覺所置身的洞穴壁上滿佈著繪製於舊石器時代晚期的壁畫。不過就整體而言，考古學家在找尋重要的遺址時，必須要仰賴科學技術。二次世界大戰後，那些曾在航空攝影情報部門服役的人員，發覺泥土的顏色、農作物的密度、以及地表植被的變化，都是地下很可能埋著考古遺物的最佳指標。戰後，航空攝影術(aerial photography)成為考古學家手中的一項利器。

利用油礦探勘人員所使用的地球物理探勘方法，考古學家可測得土壤中的磁場干擾，而找出埋藏在地下的遺物。義大利的一名工程師兼企業家雷瑞齊(Carlo Maurillo Lerici)使用另外一種油礦探勘技術。他在羅馬北方的一處古代伊突利亞人的墳場裏實驗這種技術，將一座墓室之上的土層鑽穿，向墓中放下潛望鏡(periscope)，並在潛望鏡上安裝照相機，將地下情況拍攝下來，他便可以由相片判定遺址是否有發掘的價值，以及如何在最經濟、最安全的情況下進行發掘工作。

水底考古學(underwater archaeology)的發展是比較晚近的事。由於法國科學家哥斯督(Jacques-Yves Cousteau)發明了可以單人操作的水中呼吸裝置(水肺 scuba)，考古學家才能潛水去調查沉船以及沒入水中的遺址。製圖技術的改良是水底發掘工作的一大革新。這項技術是在西元 1960 年代由美國的考古學家巴斯(George Bass)在處理雅喜阿達(Yassi Ada)附近的一艘拜占庭時代的沉船時開發成功的。他利用從一艘雙人操作的潛艇拍攝下來的立體相片(或稱合成相片)，製作遺址的攝影測量圖。

雖然考古發掘是一種將埋在地下的遺物由土層中清理出來的過程，常被稱為挖掘，但事實上却是一種很精細的工作。一個遺址可以在不損及遺物的情況下，先發掘若干個試掘坑。不過發掘工作往往來得



曾經一度，考古研究完全將遺物由地下發掘出來，直接送往博物館研究。這種方式會失去關於遺物出土位置的重要資料。現在在發掘工作開始之前都先要進行仔細的地形測量工作。器物的確實出土位置都要用方格發掘法記錄下來，如此才能精確地製作遺址分佈圖。

在正式發掘前所進行的其他形式的調查工作，可以使考古學家將全力集中於最有可能有重要發現的地區。為著這個目的而發展出來的一種方法是地層調查法，在要研究的地區探鑽，然後分析探鑽出來的地層內容。

磁場異常現象的剖面圖，也有助於找出地下的遺跡及遺物。剖面圖是由功能類似金屬探測器的裝置所繪出。

左：義大利南部希巴利(古代希臘城邦)的一處遺跡所完成的地層調查及磁場異常剖面圖。

非常的突然，通常都在一個築路計畫或修築一條新地下鐵(像在羅馬及墨西哥市)的工程人員偶然碰上了埋在地下的遺跡——可能小到只是個瓶子、雕像，也可能大到是整個古代的城市——才會促開工。由於遺址的性質變異很大；可以是廟宇、金字塔、岩窟、城堡或墓塚，所以必須要用不同形式的方法發掘。通常每一種形式的發掘都會設計出一些最起碼的方法，以期由發掘出的遺物上獲得最豐富的知識。而在遺址及其周圍地區進行仔細測量時，每一件發現的遺物都要作記錄及拍照。

雖然絕大多數的考古發現都是詳細調查並深入研究的結果，不過在某些時候，機緣也是一項重要的因素。西元 1978 年，墨西哥市的一羣工人在埋設電纜時，碰上了一座巨型火成岩質女性石雕。

墨西哥與世界上許多國家一樣，重要的考古發現差不多都是工程建設時大興土木的結果，因此在法律上明文規定，在這種情況下任何工程都必須停工，以便讓考古學家有機會去評定這新發現物的重要性。

在考古學家到達出土地點之後 4 天又發現另一座月亮女神(Coyolxnhqui)的雕像。雖然其體積不如第一座(重達七噸)那麼壯觀，但這座石雕的保存却是異常的完整。

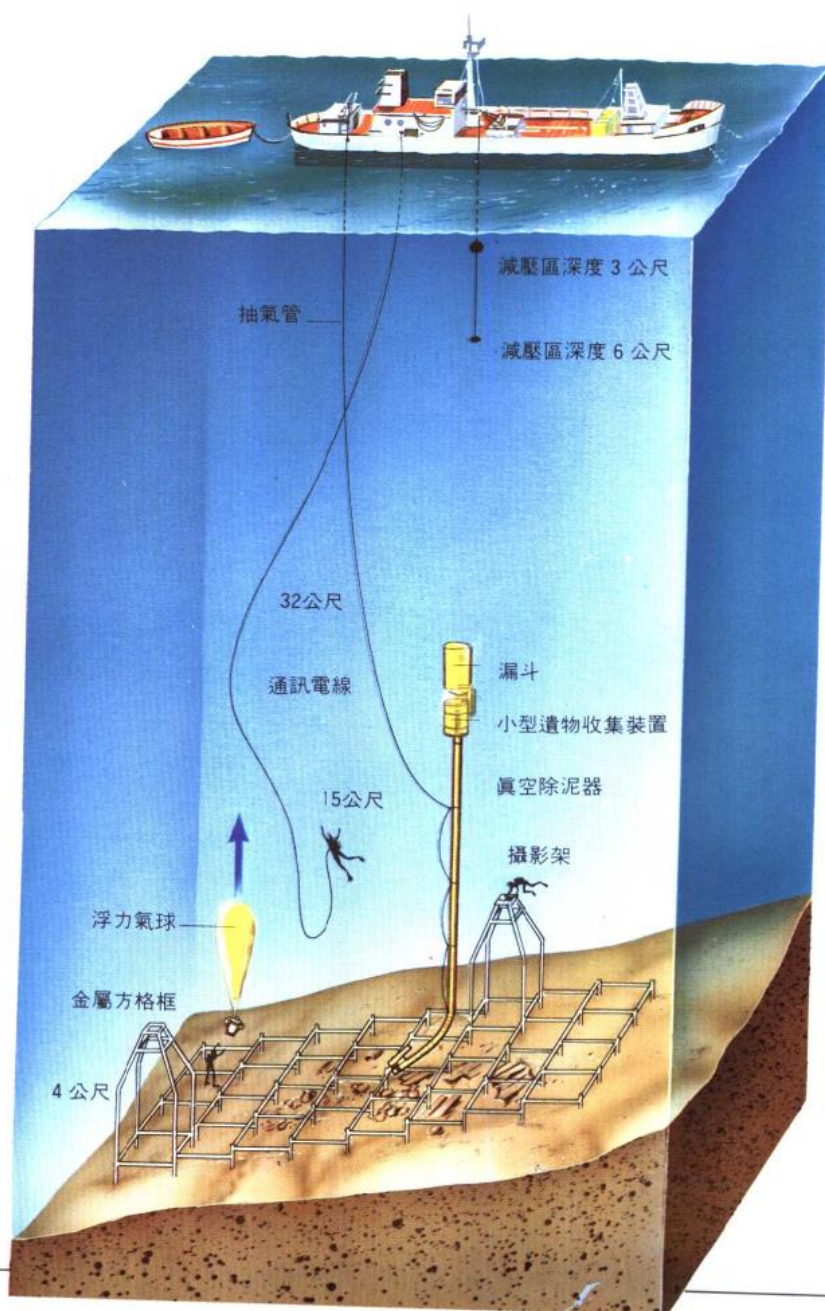
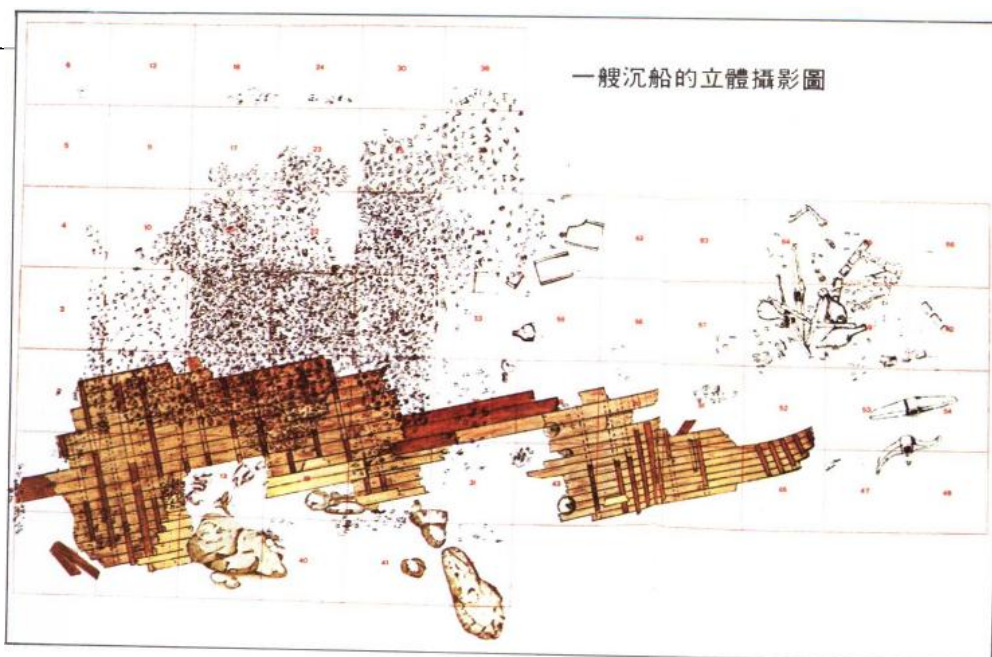
兩座雕像都用棉花墊及泡沫塑膠仔細地包裝好之後，才由遺址運往博物館。然後再用摻水酒精清洗，以維持石材的正常濕度。

而在那附近繼續進行的考古工作則碰上了相當多的麻煩，因為那個區域蓋滿了房子，所以必須拆掉幾棟現代化的建築物，並且從此禁止任何工程建設。

考古工作中最令人束手無策的情況是許多長期埋在地下的器物都已腐朽。必須小心翼翼才能避免遺漏了精巧的器物所遺留下來的痕跡，比方說，像在伊拉克的烏爾(Ur)遺址美索布達米亞時代的墓中所發現的一些豎琴弦。

分析

等到標本都收集、記錄完全後，考古學家便開始利用許多技術來進行研究。他們先將標本分類、比較，然後再藉用岩石學(petrology)、地質學(geology)及冶金學(metallurgy)的技術來描述標本的物理性質。此外，他們也研究代表各種不同聚落性質及聚落型態的特殊現象。年代測定是



海洋考古學(marine archaeology)及水底考古學，一般而言，都具有特殊的困難：一艘沉船長時間浸泡在水中，即使尚未解體，船身上也可能覆蓋著原層的沉積物。

下左：圖中所繪的是一組研究人員使用一種水中真空除泥器清理覆蓋在一艘沉船上的原層淤泥及沉積物。除泥器上裝置著一個漏斗型的設計，可以收集那些可能和沉積物一起被清除掉的小件遺物。

最要緊的分析技術之一；由於相關學科(由地質學到核子物理學)的科學家們彼此合作，才能測出上百萬年的考古標本年代。考古標本可以用兩種方式來決定年代：相對年代(relative dating，決定考古標本的早晚關係)或絕對年代(absolute dating，考古標本的確實年代)。此外，參考年代(cross dating)也是一種很簡單、很常用的技術；考古學家將某處遺址發現的陶器(pottery)與其他已知年代的遺址比對同性質的陶器，而得知大致的年代。另外一種簡單的辦法是利用地質學的層位法(stratigraphy)，其前題是當一文明(或者甚至只是一個世代)緊接著另一文明之後出現，年代較早的遺物很快會被壓在年代較新的遺物之下。有一個大家都很熟悉的例子就是垃圾場；西元1930年體積巨大笨重的真空管收音機之上覆蓋著一堆堆西元1950年代的呼拉圈，不過也將消失在西元1980年代丟棄的電動玩具之下。

層位法與其他任何一種方法一樣，也常有發生錯誤的可能。一位考古學家曾經發現一處遺址，其年代最古老的遺物居然在表土層中出現。由於最後在此居住的人曾經挖掘了一道深溝，當時他們將大量的土堆在溝邊，因此將遺物的前後關係給弄顛倒了。不過，一般說來，這種技術(十九世紀初期為研究化石而發展出來的)還是相當可靠。

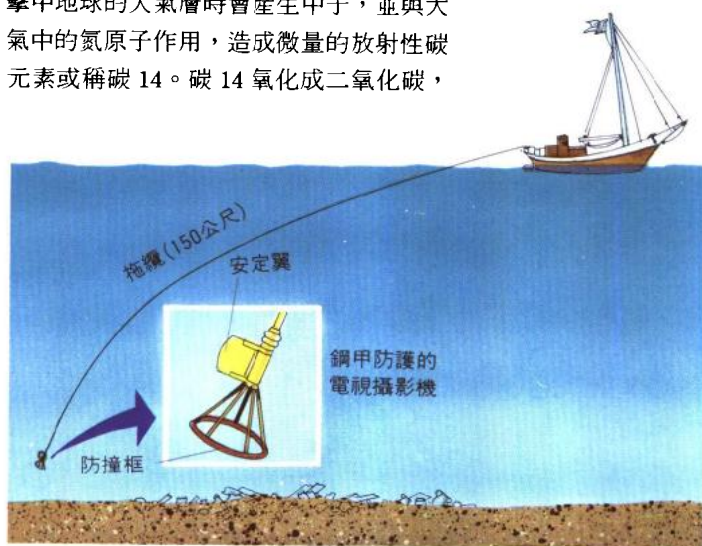
陶器是考古學研究上最有價值的一項資料，不只是因為它不會腐朽，同時也因為它可供作「熱光法」研究；這是一種很有用的年代測定法。陶器中都含有會釋放 α (alpha)分子(高能量分子)的微量放射性雜質(鈾及釷)。當陶器中包圍在放射性雜

質四周的礦物晶體吸收了被釋放出來的 α 分子後，礦物的原子會被解離——原子中電子不再受原子核的束縛，而處在比較不安定的狀態下。將陶片加熱，電子便被釋放而出產生光，年代愈古老的陶罐所放出的光量也就愈多。

科學家對放射能的知識，也提供了另一種精確的年代測定方法：放射性碳元素年代測定法(radiocarbon dating)。這種方法是在西元1948年，由一位曾經從事原子彈研究的科學家李璧(Willard F. Libby)開發成功的。由於他對考古學、人類學及地球科學的發展貢獻卓越，因而獲頒諾貝爾化學獎。這種方法所應用的原理是：所有的有機物質(即碳水化合物)都帶有某種程度的放射性。當各種宇宙輻射線擊中地球的大氣層時會產生中子，並與大氣中的氮原子作用，造成微量的放射性碳元素或稱碳14。碳14氧化成二氧化碳，

室。

放射性碳元素年代測定法，自從發明以來，已經過若干次修正。西元1961年，一羣科學家發現碳14的半衰期實際上是5730年——比原先所使用的週期要長了幾年——因此先前所測出的年代都得重新計算，因為年代都較晚了一些。自從西元



現代化的科學技術加速了人類對海底的勘察。一種繫在拖纜上的水中電視攝影機，使研究人員能坐在船上勘察海底的情況。這種方法比帶潛水鏡、背水肺的方法要有效的多。

左：一種用船拖曳的輕便電視攝影機。有鋼製外殼及防撞框來加以保護。下：一種較精密的電視攝影機。可以在水面上遙控操縱。

又被植物吸收作為光合作用的原料。各種動物及人類又以植物為食物，結果在所有進入體內的碳元素中便有少量的碳14。

所有的放射性物質都會依其固定的速率衰敗，放射性物質每衰敗掉其含量的一半所需的時間，就是所謂的半衰期(half-life)。在植物還活著的時候，放射量並不會減少，因為這時可以不斷地吸收二氧化碳補充。不過，當植物死亡之後，放射量便無從補充，因此考古學家可以用蓋氏放射能測定器(Geiger counter)測出碳14的殘存量，從而可推算其死亡以後的年代。考古學家將某個遺址出土的骨骼、木頭、炭灰所測出的碳14殘存量，用來與現生有機物質中的含量比較，最多可以測出距今5萬年前的遺物年代。目前世界各地已成立好幾十個放射性年代測定實驗



1954年開始進行氫彈試爆以來，含輻射線的雲層不斷地飄越美國上空，提高了碳14的含量，結果使得每一樣東西的年代都偏晚了一些。相反地，由於汽車不斷地向空氣中排放含有無放射性碳元素的廢氣，使得位於人煙稠密地區的遺址、遺物的年代都偏早了些。

樹木年齡年代測定法(dendrochronology)，利用樹木年輪的比對來測出樹木、建築物的年代，也逐漸成為考古學家手中的一項利器。人類早已知道數樹幹上的年輪是計算其年齡的好方法。達芬奇(Leonardo da Vinci)在他的筆記中記載著他推測年輪的寬度可能是判定雨量的一種方法：寬的樹輪指示潮濕的一年，細的樹輪是乾燥的。而在整個十九世紀美國已經使用了樹輪年代學方法。不過直到二十世紀的頭二十年，美國的物理學家兼天文

學家道格拉斯(Andrew Ellicott Douglass)才完成了目前所用的參考定年及重疊定年(overlapping)兩種技術。參考定年是將一棵樹的年輪生長狀況，拿來與一棟木造小屋的屋樑比較；如果屋樑的外圍年輪可以和樹的年輪對上，而屋樑還多出200圈年輪，那麼屋樑就比樹要早上200年。重疊定年則應用在還有另外一根屋樑可用來比對的時候，它可能比第一根屋樑多出了100圈年輪，這表示第二根屋樑比第一根要早上150年，而比樹則早了350年，因此這可以用來作為比較年代的一個基礎。

冰河沈積物年代測定法(varve chronology，由計算冰河時代結束後，冰河融化所留下的薄層淤泥數目來判定年代)，加上岩石學以及其他許多學科及其技術也都提供了考古學家不少探知過去的工具。

解釋

考古學家將他們對各種史前文化的知識拼湊起來，盡其所能地復原過去人類的的生活方式；利用各種遺物之間的變異，追溯出各個時代間的文化變遷，以及解釋古代的文化是如何演化。對於某些時代而言，比方說，中世紀考古學家的研究結論，有助於擴充史學家對各項史實的認識。不過，對於史前文化而言，考古學家所提出的解說，是我們對地球上曾經出現過的各種人類生活方式所有的唯一解釋。

右：雕像正在接受保護處理。

下：墨西哥市，工人在發現月亮女神的地點進行發掘。



耳 Ear

試著想像這樣一個樂器：一片鼓膜與浮在充滿液體球體內的豎琴，而兩者之間由一條鏈子加以聯繫著。整個樂器的長度小於 2.5 公分，可以發出人類大腦所能感受的任一聲音、音節與音符，而且不需要音樂大師來彈奏它。事實上，這一獨特的樂器就是我們的「耳」。外來的聲波打擊鼓膜（外耳 outer ear）後，會振動一連串的小骨骼（中耳 middle ear），再使豆狀小球體內的液體產生波動，而撥弄其內的豎琴（內耳 inner ear）。耳不僅能使大腦將聲波的振動轉譯成可理解的聲音、言語和音樂，而且也有協調身體平衡的機制。

外耳

外耳分成兩部分：一是我們俗稱耳朵的耳翼，其形狀便於匯集外界聲音進入耳內；一是長 2.5 公分向內的管道——外耳道（auditory canal）。外耳道的內襯有腺體和毛髮，腺體會分泌有苦味的臘質以防止昆蟲進入，並避免它們在耳內產卵。

中耳

中耳是一個如一顆阿斯匹靈大小的空腔，裏面充滿空氣，可分成四部分：一是一根向下通往喉嚨的管子，稱作歐氏管（Eustachian tube）；一是一輪薄膜組織，為鼓膜（eardrum）；還有三塊聽小骨，可把聲音傳遞到內耳；此外就是通往內耳的入口，稱為卵圓窗（oval window）。

歐氏管通常都是關閉的，每當要調節中耳內壓力時，才藉打哈欠或吞嚥的動作令它打開。這種情形尤其常見於高度突然的改變，如飛機起飛時，機艙內壓力的改變，中耳立刻可以感受到，於是通常會藉著哈欠或吞嚥打開歐氏管。

鼓膜是一片薄而半透明的圓形組織，直徑約 1 公分，有點像伸縮性的隱形鏡片。鼓膜整體稍呈圓錐體狀，較窄的一端指向內部，類似老式的喇叭筒，因此可以集中聲音並加強聲音。聲波沿外耳道進來，敲擊鼓膜使其圓錐體頂振動。低音時，振動得慢；高音時則振動得快。

這樣的振動會觸動橫跨於中耳的第一塊小骨，而第一塊小骨便接著牽動第二塊小骨，此連鎖反應繼續下去便使第三塊小骨也隨之振動。這些彼此以槓桿方式連接的小骨，還會加強擴大振幅。第三塊小骨振動的速率和鼓膜一樣，但強度是鼓膜的

20 倍，同時它也敲打著封住內耳的卵圓窗。

內耳

內耳是另一個為骨骼所圍住的小室，內部有交錯複雜通路形成的迷路（labyrinth）。然而，內耳不像中耳一般充滿空氣，而是充滿液體。內耳主要分成三部分：一是前庭（vestibule），為來自卵圓窗的一個通道；一是三個半圓形的迴管，稱作半規管（semicircular canal），由前庭分枝出來，掌管身體的平衡；還有一個是類似蝸牛殼螺旋狀的構造，稱作耳蝸（cochlea，希臘文之意即是蝸牛）。因耳蝸可以傳送訊息到大腦，所以耳蝸內含有聽神經。

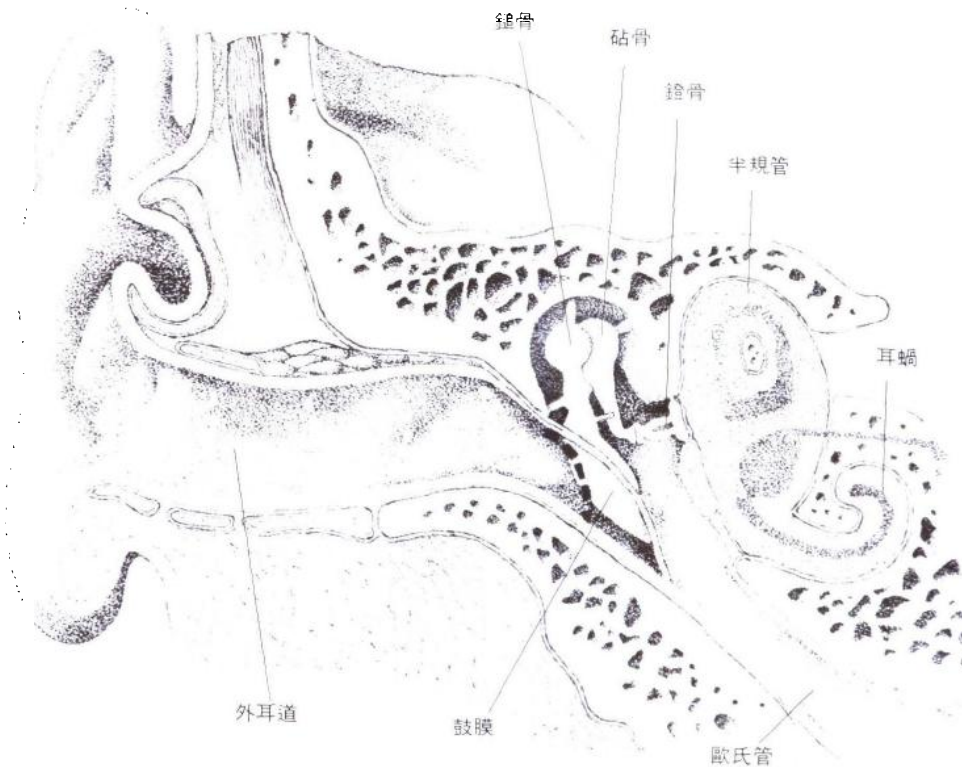
身體的平衡是由半規管內部液體的移動來調節的。管內佈滿了細小的受納器，它

織。這兩股組織基部狹窄，愈往內愈寬，像是豎琴或鋼琴的弦一般；且其中具有上千個毛細胞（hair cell），是通往腦部的神經受納器。

聽覺

聲波敲擊鼓膜並使其振動，連帶地造成中耳三塊小骨的振動。第三塊小骨因抵住卵圓窗，所以便造成內耳液體的波動。這些波動經過前庭，沿著迴繞在耳蝸內的二股組織前進。於是在組織間的微小毛細胞受到刺激，把訊息傳到大腦去。音階中由每秒 10 次振動到每秒 24,000 次高頻率的振動，各影響著兩股組織的不同地方，因而刺激不同的神經末端。於是大腦便可「聽」到不同的語音、聲調。

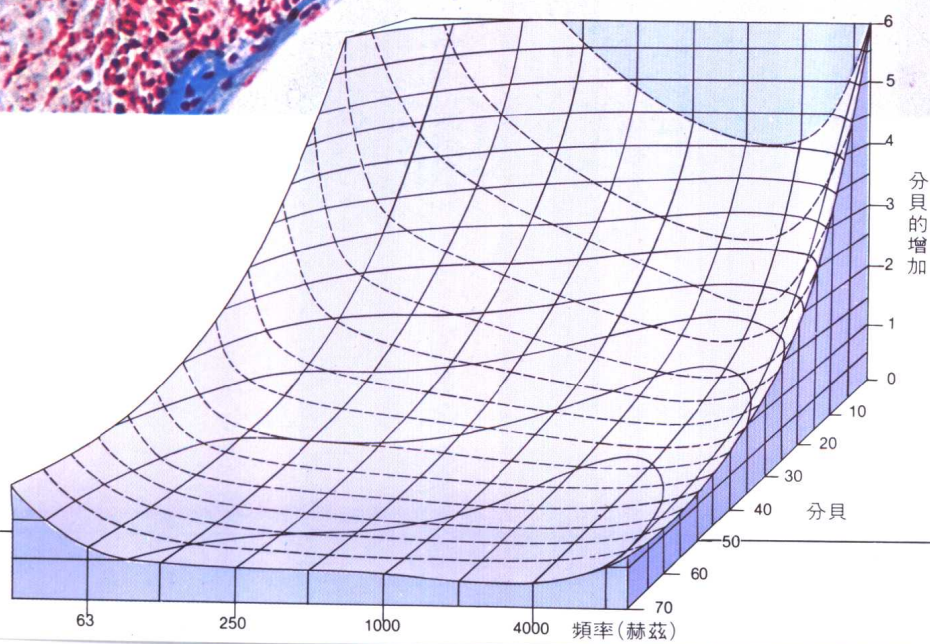
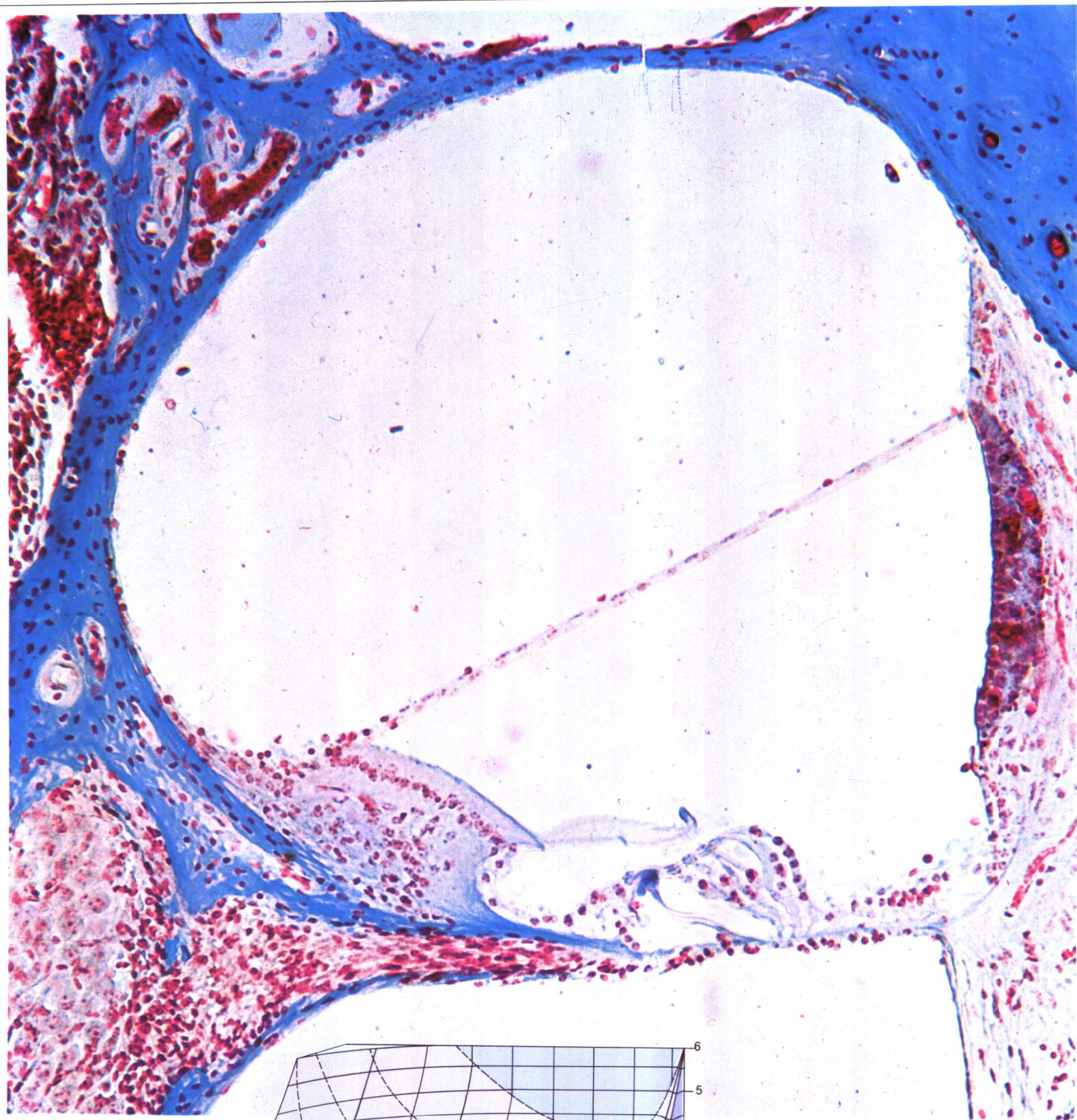
參閱第四冊 132~133 頁助聽器（Hearing Aid）。



可使大腦知道頭部的位置和移動情形以控制平衡——可以防止身體的傾斜和跌倒。當頭移動時，大腦便會分析液體的運動方式和重力的關係。因此，即使眼睛閉著或在黑暗中，也都可以知道自己身體的位置。例如旋轉運動，會造成液體的旋轉而混淆大腦的認知能力，於是便使人感到頭昏目眩。

耳蝸含有兩股順著耳蝸螺旋迂迴的組

上：人耳縱切面圖。耳通常分成三部分——外耳、中耳和內耳。



耳蝸橫切面的顯微照片。左：耳對常聽見聲音音調的敏感度圖表。圖示敏感度是決定於聲音的頻率和強度。

自來水筆 Fountain Pen

在歐洲大約從西元前 600 年到西元 1800 年代初期，都是使用羽毛做的工具來寫書的。雖然使用翎毛筆似乎很羅曼蒂克，但是必須把它重複浸入墨池內，終究使人感到厭煩，因此而有自來水筆的發明。

原來的自來水筆只是指任何擁有自己供應墨水的書寫工具而已，但是，今天的自來水筆似乎特別指筆尖有細縫的鋼筆而言。鋼筆擁有自己墨水槽的觀念源於十七世紀中的法國，但是直到十九世紀，用手以滴眼藥器裝填墨水槽的工具才做出來。這些早期的筆都很笨拙，因為它們需要經常充填，而且墨水經常堵塞。第一支真正便利的自來水筆在西元 1884 年由紐約的華特曼 (L. E. Waterman) 做出來。

構造

一支自來水筆要有一些基本的零件：筆尖、貯存墨水的槽、攜帶墨水到筆尖的管路、墨水流量調節器、外殼和保護筆尖的蓋子。

可填充式的墨水槽是一段能夠安裝於殼套內的可撓性橡膠囊。當你拉動鋼筆的槓桿或壓下殼套時，就強迫空氣流出橡膠囊，此時若將鋼筆浸入墨水中，並放鬆槓桿，則墨水被吸入貯存槽內。某些鋼筆的橡膠囊是用手指來擠壓的。連接筆尖和貯墨槽的構造是一種具有微細通道的網路，它攜帶空氣到貯墨槽頂端的空間，讓空氣取代墨水，使它流到筆尖。位於筆尖之後的，是有很多像梳子細縫的硬橡膠或塑膠，稱為流量調節器。這個組件可以藉著

貯存由貯墨槽流下來的過量墨水來調節墨水的流量。只有在流量調節器空的時候，空氣才能聚集於貯墨槽的頂端。筆蓋保護筆尖以免損傷，同時避免墨水蒸發或漏掉。本來筆蓋和筆套都是用硬橡膠做的，現在則通常用塑膠做。高級的鋼筆可能用貴金屬做筆套和筆蓋。

改良

填充貯墨槽有時是很困難的，因為墨水很容易阻塞。在西元 1956 年，不需要移動零件就可以裝填墨水的鋼筆發明了，它有一種攜帶墨水的毛細管系統，可以將墨水吸進貯墨槽。更進一步的改良是插入一支「用過即予丟棄」的卡式墨水管就等於裝填墨水的鋼筆。卡式鋼筆是現在最普遍的形式。

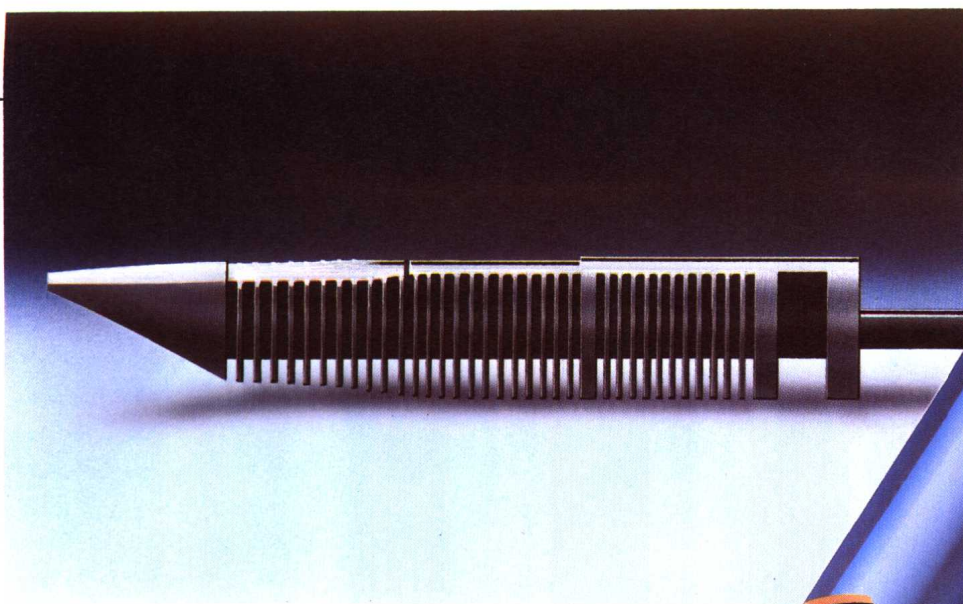
製造

自來水筆的製造包含了一系列的特殊步驟，包括射出鑄模、鑲空、抽線、打印、穿孔、鑄刻、切縫、拋光、退火和整修。這些步驟很多都是要用手工做的。塑膠筆套則大量生產。首先，大量的塑膠用機器做成長管狀，依正確的長度切斷後，在模子中加熱使其一端封閉或插入塞子。塞子是用車牀車出來的，再用丙酮固定於管子的內或外面。最後的步驟是將封口的管子再塑成筆套。鋼筆製造商在使用塑膠筆套和筆蓋(也是大量製造的)之前，塑膠的表面須在 43.34°C 加溫硬化約 2 ~ 10 天。

墨水

現代的墨水主要由水和人造染料做成。添加鐵鹽可使墨跡持久，其他的添加劑則可避免墨水乾掉、預防菌類和藻類的生長及保護鋼筆的金屬免於腐蝕。墨水的成分依製造商而不同。當不同的墨水混合時，成分經常會分離而阻塞鋼筆。基於這個理由，鋼筆製造商總是勸你用他們的鋼筆時要使用他們的墨水，而不要混用其他墨水。





上：自來水筆墨水調節器，以它像梳子的縫隙來控制墨水槽到筆尖的流量，避免任何時候由墨水槽釋出的墨水多於使用量。

筆套

卡式墨水管

右：使用易拆式卡式墨水管的自來水筆之縱切面放大圖。這種系統不需要複雜的機械充填系統。

流量調節器

下：自來水筆的可互換筆尖。筆尖頭的寬度決定它書寫時線的寬度。很小心製造的筆尖通常頂端附有一層少量的貴金屬，以保證鋼筆在紙面上書寫時的平滑。



自動化 Automation

亞里斯多德(Aristotle)在「政治」(Politics)一書中寫到：「當織布機能夠自己編織，而豎琴會自己彈奏時，人奴將會消失」。接著，他繼續寫道：「工頭不再需要幫手，也不再使喚奴隸。」

使用自動化機器以使人類掙脫於勞工之束縛的夢想，已經有好幾個世紀之久。亞歷山卓(Alexandria)的英雄曾經設計出一種蒸汽驅動的開門機關，同時也描述一家雇用能切鋸木頭的木偶之造船廠——這是對自動化工廠早期的想像。

機器化(mechanization)——用機器取代勞工——在十八世紀大規模地出現，但是自動化——將這些機器組合成自律的系統——則遲至二十世紀才開始發展。只有在裝配線(assembly line)、自動轉移機器(automatic transfer machine)、回饋機構(feedback mechanism)和電腦輔助設計與製造(computer-aided design and manufacture)的幫助下，大量製造的技術才能夠廣泛地自動化。

機器化

由勞工轉移為機器最早的發展是由亞當·史密斯(Adam Smith)於西元 1776 年在「國富論」(The Wealth of Nations)中所描述的。史密斯論證如何使工廠的產量大幅改進，他讓每個勞工專門做一件簡單的工作，此工作由勞工一再地重複做。

這個發現只是使機器接管這些專門化例行工作的一小步。操作這些動作的機器現在通常稱做作用元件(action element)，是自動化中的「肌肉收縮」(muscular contraction)。作用元件是操作某些物體或對這些物體執行某些動作的簡單機器。

舉例而言，在裝瓶工廠裏，機器手臂使瓶子就適當位置，讓瓶子按照次序進入加蓋機器。使瓶子就定位和加蓋的機器就是兩個作用元件。

就如同史密斯所寫的一樣，由像這樣的機器來取代人類的新發明已經完成了，它是由蒸汽引擎推動的。

芝加哥的牛肉包裝廠在西元 1870 年代開始使用裝配線，取代原來要從一個物體移動到另一個物體以執行相同的動作；現在，工人只要待在裝配線的某個位置，而由輸送帶將物體傳送經過他們即可。

自動轉移機器，在第二次世界大戰期間開始使用，使裝配線向前邁進一步，那就是整個執行過程無需人類介入。自動轉移

機器的生產線就像裝配線一樣，並且用機器來取代工人的地位。每部機器接到一個工件，對它執行相同的動作，然後自動地傳送到下一部機器。由於有了自動轉移機器的裝置，使整個生產過程都在機器的控制之中。

回饋

無論如何，真正的自動化和機器化是不同的，它只能由自我調整的裝置來完成。這些裝置給予一系列的儀器、程序和偶發性計畫(一個程式)，以執行複雜、多步驟的操作。被設定程式的裝置能夠決定某個步驟是否應該加速或減慢或改變執行的途徑，或者甚至停止整個過程。

某個裝置若能接收有關於某步驟執行結果的資訊，並能使用此資訊來校正執行中的步驟的方式，則稱此裝置是一個回饋機構。一個回饋機構不只能夠取代做這些決定的工人，同時在一個程式設計良好的系統中，由於它具有能更迅速而正確地反應變化的能力，而能實際地保證較高的效率。如果沒有自動系統的資訊立即回饋，則將不可能有火箭發射和太空艙的導引。

回饋系統由三種型式的元件組成。感測

元件(sensing element)或感測器(sensor)，監視並取得測量；判斷元件(decision element)，比較從感測器收到的資訊和程式中的資訊；控制元件(control element)，執行判斷元件的指令。

感測器不斷地讀取自動化過程中的某個特殊階段的情況，以確定整個系統是否在順暢地運作之中。這些裝置使用物理、電、光和其他型式的儀器以核對過程。光電池(photoelectric cell)、溫度計和 X 光機器是最常用的感測元件。在複雜靈巧的系統中，感測器就像人體的感覺器官一樣，能夠送出資訊(或資料)到判斷元件系統的「大腦」。無論如何，和人類的感覺器官不同的是，感測器對溫度、重量、大小和電阻等性質可產生精確的數量值。

在判斷元件中，由感測器提供的資料(描述實際的操作情況)和某些導引數字，或執行參數(描述運作應該進行的情況)作比較。如果實際的資料和設定程式的資料之間有了偏差，則判斷元件——通常是計算機中的電路——產生訊號使控制元件發生作用。

控制元件，也稱為伺服機構(servo-mechanism)，執行判斷元件所命令的校

發電廠的控制室



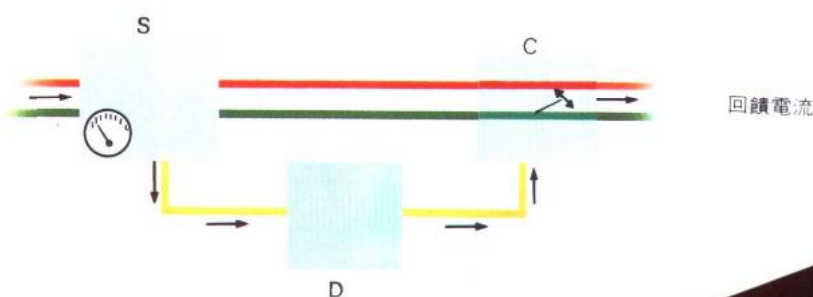
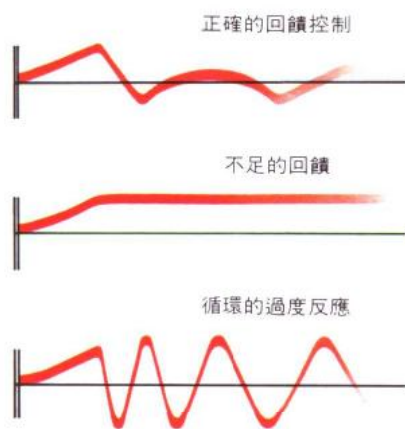
準或修正。伺服機構控制它們自己的作用元件(也就是說，它們有自己分離的馬達來執行它們自己的命令)和調整動作，直到感測器的資料指出運作又和計畫的過程相同。伺服機構的典型例子是飛機的自動飛航系統，它自動調整機舵和副翼以使飛機保持在設定的航線上。

程式設定、作用、感測、判斷和控制等元件協力作用而形成一個閉路的回饋系統，或回饋迴路。製造過程中的每一步都需要它自己的回饋迴路，以監督、調整和校正運作。

數值控制、程序控制、電腦自動控制

在很大的自動化系統中，像自動化的製鋼廠，有很多製造步驟：鋼鐵被加熱、澆鑄、淬火、切割、鑽孔，並加工成各種加工品。這些每一種不同步驟的控制稱為數值控制(numerical control)，它的意義是說每一個步驟都是由數字來支配。

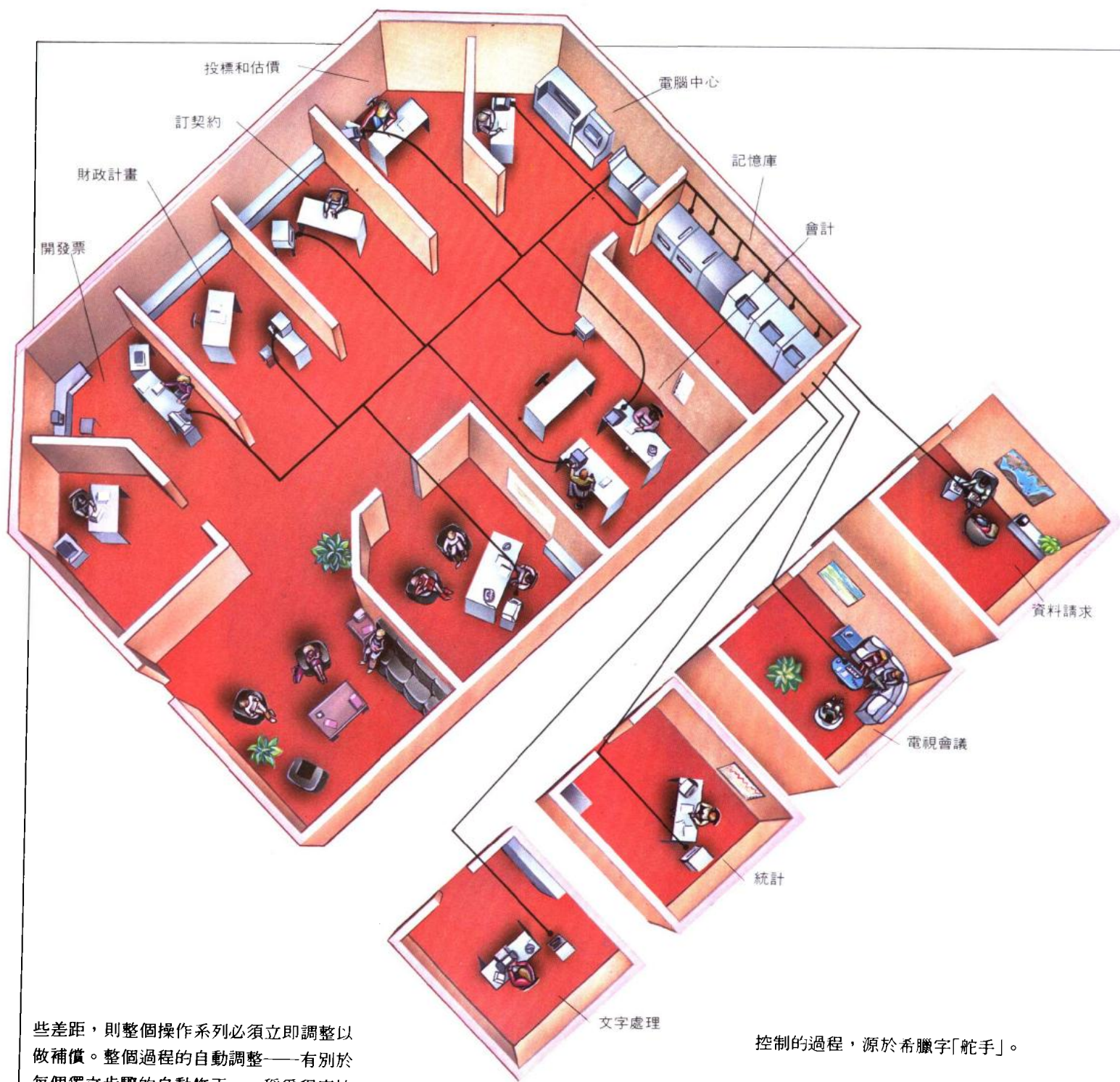
不同生產步驟間的交互作用也要被嚴密地監視，判斷元件要能夠設定程式以反應各種困難的偶發事件。如果為了某些理由，鋼鐵在某個步驟必須和原來的基準有



左：回饋電流的反應週期表示圖。這些系統在下方，在 S 處記錄真正的行為，然後感測器的資料傳送到判斷元件 D，它對控制元件 C 發出適當的反應命令。

下：發電廠的控制室。儀表上方的線路板顯示流程中感測器的位置；儀表從這些感測器讀取資料。由技術人員使用的手控制器(manual control)在桌上。





些差距，則整個操作系列必須立即調整以做補償。整個過程的自動調整——有別於每個獨立步驟的自動修正——稱為程序控制(process control)。

程序控制也可以包括基於給予判斷元件的資訊，做出有關效率、工作表和價格的決定，這些資訊是有關材料和工人的利益，及有關市場的統計和價格。

有些程序控制系統是如此複雜並包含很多的變數，所以只有靠電腦的幫助才有可能。在自動化過程中使用電腦來做判斷通常叫電腦自動控制(cybernation)，是從人工頭腦學(cybernetics)衍生出來的字，這個字是故諾伯·韋納(Norbert Wiener)所使用的，其意義是指人與機器的溝通和

辦公室是自動化過程中最現代的一部分。用以處理數字的會計部門首先發現電腦的應用，但是自動化已經進入辦公室聯絡的所有情況，從建立檔案和資料改正到文字處理。

控制的過程，源於希臘字「舵手」。

辦公室自動化

自動化如何對舊式的應用革命的一個例子是辦公室自動化。在此並不僅使基本設備，像檔案、辦公桌、打字機、聽寫設備以及其他類似的東西升級的問題，辦公室自動化的意義是整合這些設備成為一個系統。

舉例而言，自動化後的辦公桌裝有互相連絡的鍵盤、顯示幕和印表機。所有在辦公室內的桌子彼此都有電子式的連繫，同時還一起接到中央電腦檔案。對工廠遍佈全世界的大生意而言，通信衛星還將這些辦公室連接在一起。

辦公室自動化的優點不只包括較少的紙上作業，同時也增加效率、快速的通信及在遠方共同工作的能力。

CAD/CAM

工業中最進步的自動化系統是電腦輔助設計(CAD)和電腦輔助製造(CAM)。

在CAD系統中，工程師能夠將設計好的模型打入電腦，由它在電腦繪圖螢幕——一種電子製圖板上，以陰影和有顏色的平面繪出實體形狀。藉著給予電腦不同的指令，工程師可以在螢幕上將模型中的某部分影像放大、縮小或旋轉，並做剖面、側視或後視圖。工程師也可以令電腦對模型執行某些實驗和測試，而無需耗費時間和花費去真正建造並測試原型。就用這種方式，電腦可以在模型製造之前幫助消除不適當的設計。

CAM系統使用電腦以引導和控制製造過程。舉例而言，在某些鋼鐵廠，電腦給

機器指令以選擇某種類的鋼板，並根據預先設計好的模型切割，然後命令機器將切割好的金屬零件送到其他機器做更進一步的改造。

現在某些進步的工廠有整合電腦輔助設計和製造系統(ICAM)，這是兩種系統合併在一起。在此，CAM的製造指令直接由CAD終端機而來，而CAD終端機則是模型最先發展之處。

自動化的進展

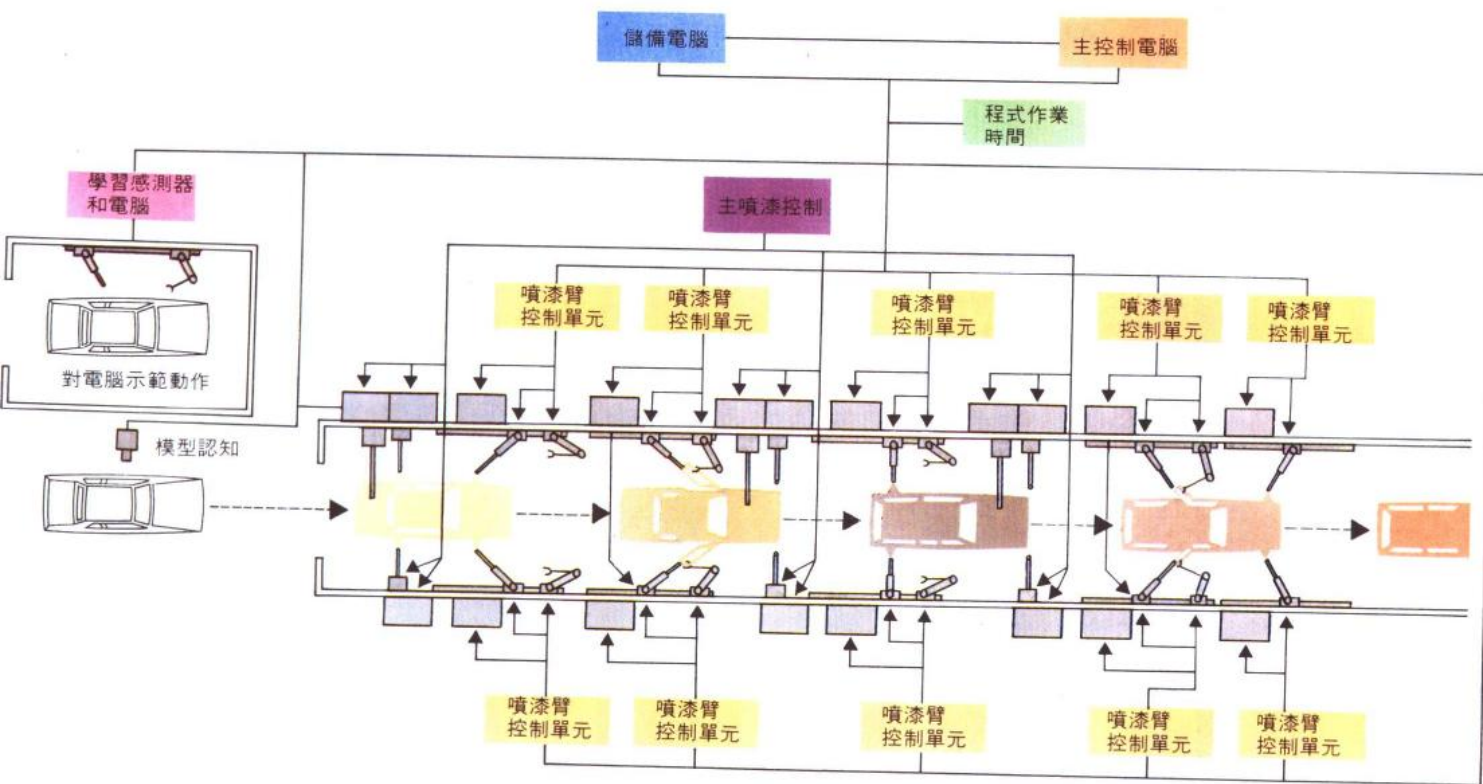
在最近的幾十年中，因為自動化已經較普及，因此，它已改進很多工業的生產力、效率 and 安全性，包括化學製造、鋼鐵生產到電話通路等。它也已經證明在人類健康可能受到危害的工作場所是很有用的，像核能發電廠。未來將會看到使用愈來愈多的機器人(robot)；一種機械裝置，依據人類的靈巧設計以執行並作為自動化系統的組件。

ICAM系統非常昂貴並需要尖端的專門科技知識，所以到目前為止只有少數的公司有能力使用它們。由於某些製造業的範圍比其他領域較不能接受自動化，因此引用自動化的進展進行得很緩慢。

無論如何，自動化也是禍福參半的。讓工業製程自動進行是有很多益處，但是在自動化機器停止為人類的福祉服務時，我們必須能夠關掉它們。

最引人注目且危險的例子是自動化戰爭。因為飛彈現在能夠在幾分鐘之內到達目標，因此是否發射報復性的攻擊及瞄準何處，將由電腦很快的自動決定。沒有任何系統能夠完全避免錯誤，而很小的錯誤已經發生過，很幸運的是在最後關頭終因人類的介入而及時停止。

使用機器做我們的勞工之代價，就是需要不斷留心的照顧它們。



上：在裝配線上車體噴漆的電腦化系統圖。教導電腦去指揮機器人噴漆臂的最簡單的方法，就是叫電腦模倣工人的動作。到目前為止，機器人噴漆工並不會比人類做得快，但是它們不會受到油漆粒子和有毒溶劑的影響，而這些都會威脅到它們所取代的工人的健康。

在某種意義上，工業化就是自動化，也就是用機器的動力取代人類肌肉動力的過程。在機械化的早期，機器的設計只是在生產過程中需要大量力氣的位置取代人類而已。雖然使用自動化至少將導致暫時性的助長失業，這種危險是無可置疑的存在著，但是機器人和電腦驅動的控制系統，能夠使人類免於危險和不愉快的工作，却也是事實。

自動存提款機 Cash Machine

自動存提款機也叫現金調配機、自動櫃員機，或自助銀行終端機。自問世以來，以往由銀行、郵局出納員填寫的傳統傳票、帳簿或存摺，即由一張附有磁帶的塑膠卡片所取代，故被銀行企業家和電子工程師視為邁向銀行作業中，消除大量紙張的第一步。這張卡片可以啟動機器，並且由機器在卡片上劃記，以確保存戶資料之安全，同時防止存戶透支款項。

最精巧的終端機可以從存款、支票及信用卡帳戶提取現款；或將款項存入存款及支票帳戶，計算帳戶之餘額，作存款帳戶與支票帳戶之間的轉帳，以及支付抵押貸款、信用卡、及電話費、瓦斯費等款項。

終端機是由三個主要部分所組成：終端機控制台、電子組件和現金貯存處。這種自動存提款機由迷你電腦或高性能的微電腦所控制，銀行或郵局可根據業務上的需要而設定程式。

使用方法

只要是在銀行或郵局儲有現金的人，都可直接操作自動存提款機，以存入或提取現金。

銀行或郵局的電腦中心設有記錄每個存戶儲蓄本帳的磁盤檔案。當存戶把塑膠卡片插入、按下密碼時，機器會先核對所按密碼是否與卡片磁帶所記錄的密碼一致。若要存款且密碼一致時，電腦會下令打開存款口，存戶就將裝著現金或支票的存款信封袋投入口內。存款袋會通過一具印表機，並印上一個序號，然後留在存款處，即完成存款手續。若要提款而密碼一致時，顯示幕會出現「請按出希望提款金額」之類似字樣，並將儲戶帳號和提款金額的數據變成訊號，送入線路。當儲金提款資料送達時，即自動讀取該檔案，檢查儲金額是否夠提款額，同時減去提款額，重新記入檔案和發訊給自動存提款機，以支付現金。儲戶對機器輸出之鈔券，須經按下「確認」鍵後始能取出，到此即完成提款手續。

不論是存款或提款，於每筆存提款操作完成後，機器除退還存提卡片給存戶外，並自動印錄「存提款明細表」二份，一份供存戶參閱核對，另一份留存機內，由銀行或郵局作為代替存提款單存查。

目前國內所採用的自動存提款機，鈔票面額大多以新台幣佰元及仟元為單位，每次存提款金額及每天提款金額累計都有最



左上：自動存提款機內的控制終端機。銀行等的職員可以從這裏監視它的動作。在另一些機型中，監視器並不在機器上，而安裝在遠處。其餘的兩張照片是顯示機器的模組結構(右上)及機器內部，以便作快速地修理。

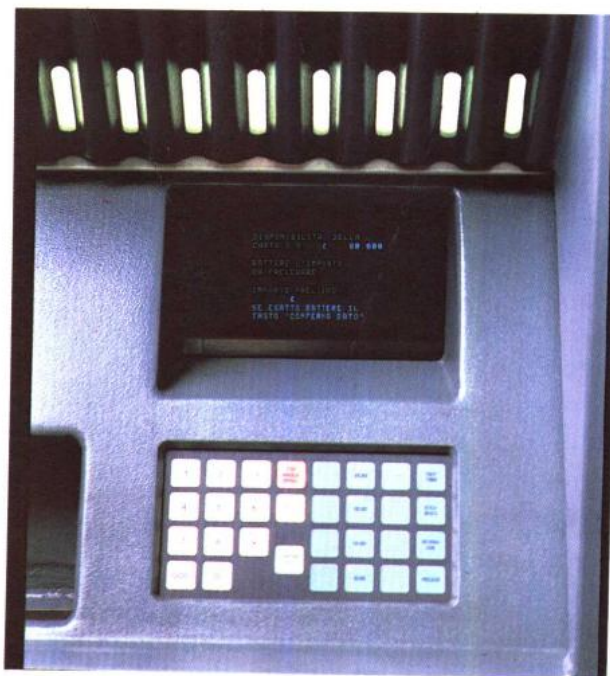
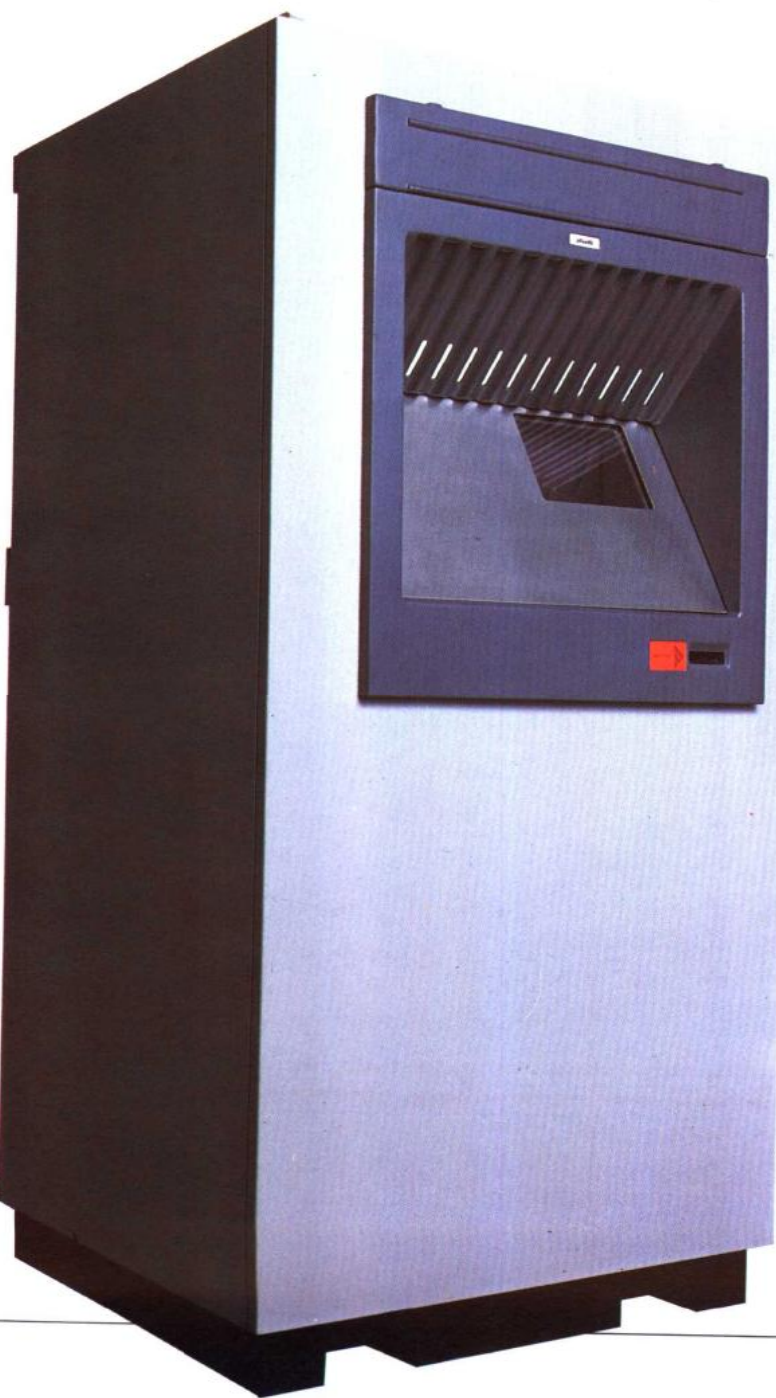
高限制。

優點

當提款卡密碼因操作錯誤連續達四次或使用業已掛失之卡片時，銀行或郵局即經由自動存提款機將卡片收回，以保障存戶之權益，防範他人冒領存款。存戶憑卡自

行操作自動存提款機提款或查詢存款餘額，因無需填寫存提款單、加蓋原印鑑、在窗口排隊等，費時僅需 30~40 秒鐘，既方便、迅速又正確、保密。並且此自動存提款機還可設在車站、百貨公司等公共場所，方便存戶提款，又不受銀行的營業時間所限制，十分方便。

我國郵政存簿儲金自動提款服務辦法，是先在已實施連線作業的郵局立帳、申領自動提款卡，日後即可憑卡在有付款機的任一郵局支局提款，每次提款最高金額為一萬一仟元。但是，在使用提款卡提款累計達六次時，仍應攜帶儲金簿到櫃台補登記提款記錄。



自由站立型的自動存提款機具有厚重的結構，這是因為裏面裝有錢，必須如此地武裝，以免慘遭偷竊。顯示幕只讓存戶看得到，如此可保持存提款的隱私權。它還有另一種保護系統，可避免同一張卡片一再地重複提款；這是提防顧客可能被攜帶兇器的強盜強迫他們提空存款。

自動駕駛儀 Automatic Pilot

二次世界大戰時，西方流行著一句略帶忠告意味，教人避免繁重工作的俚語：讓喬治去做它吧！「喬治」就像是自動駕駛儀的別名。自動駕駛儀是為了減輕航空飛行員和航海駕駛員的繁重工作而設計。較為人熟知的是飛機上的應用。當飛機飛往一預定目的地時，它會使飛機保持一定的航向和高度，如果飛機由於風或亂流而偏離航行路徑時，自動駕駛儀會立即加以修正。這奇特機械裝置的基本原理，其實相當簡單，一點都不神奇。它主要是靠陀螺儀 (gyroscope) 的運作來執行其任務，飛機內的迴轉儀所做的一連串運行工作，就像個羅盤和飛行水平儀。

陀螺儀本質上為一個自由裝置的轉輪，能在三度空間內，繞 X、Y、Z 軸自由轉動，一旦啟動後，不管飛機如何改變方向或高度，陀螺儀永遠保持它初始的姿勢，和指向一個固定方向，對飛機的水平旋轉或因亂流的浮動一點都不受影響。實際上飛機就是靠它飛行，在飛機內它總是保持相同的方向和姿勢，當飛機偏離正確的航向和高度時，陀螺儀就會趨使它回到正確的位置。

這是靠一感應器來達成的：當陀螺儀察覺飛機的高度改變時，它會輸出一個低功率的信號進入自動駕駛儀系統，在系統內放大，然後傳送到機械裝置，由它來控制飛機返回正確的位置。當飛機恢復常態後，機械裝置便自動關閉，而自動駕駛儀又返回幕後，扮演它的守衛者的職責。

二次世界大戰爆發時，自動駕駛儀還是一項相當新的發明，戰爭促使它的產品快速誕生，為了絕大多數的更大而多引擎飛機做長距離的運輸或長途的轟炸目標，使它在此需要下應運而生。自西元 1945 年戰爭結束以來，自動駕駛儀的發展，在機艙用電腦和小型電子裝置兩方面都有長足的進步，才使現在的「喬治」能承擔如此繁重而厭煩的長距離飛行，而非只是個預備駕駛者。靠著雷達 (radar) 和其他著陸裝置的發明，自動駕駛儀才能導引飛機橫越海洋飛行，並飛越廣闊無際的空間，領著它到預定抵達的機場，即使在能見度為零的情況下，也能安全著陸。在軍事情況中，高速度的噴射機常常超越駕駛員的反應能力，使得駕駛員措手不及，因此有些特殊任務便由自動駕駛儀接管，諸如武器的發射、炸彈的拋投等等，這些須準確執

行的工作，就是再好的駕駛員也無法配合。

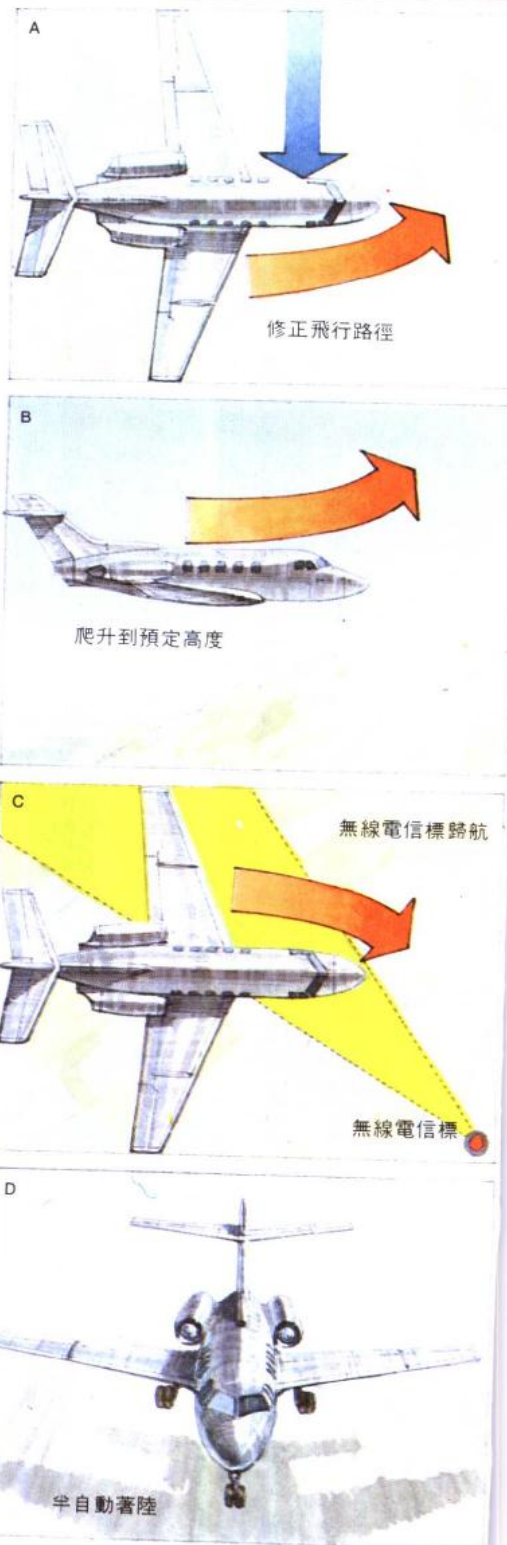
傳送操縱控制資料給自動駕駛儀的感測裝置有數種，一種是前面提過的陀螺儀，另外幾種是加速計 (accelerometer)——用來度量飛機速度的增加、減少或飛機轉彎角度的機械；測風裝置；氣壓計 (barometer) 或者是無線電訊號的輸入。在一定的狀況下，各自執行它們的特殊功能。例如，氣壓計測知氣壓的變化，它會發出信號，以報知高度的改變。

電腦依照感測器輸入的信號或飛行任務開始之前就輸入的預定計畫來發出信號到控制裝置上。例如，將有關飛行的全部資料輸入電腦，包括航行時的檢查點 (checkpoint) 和航向更改，以便能在適當的時機發出適當的信號。

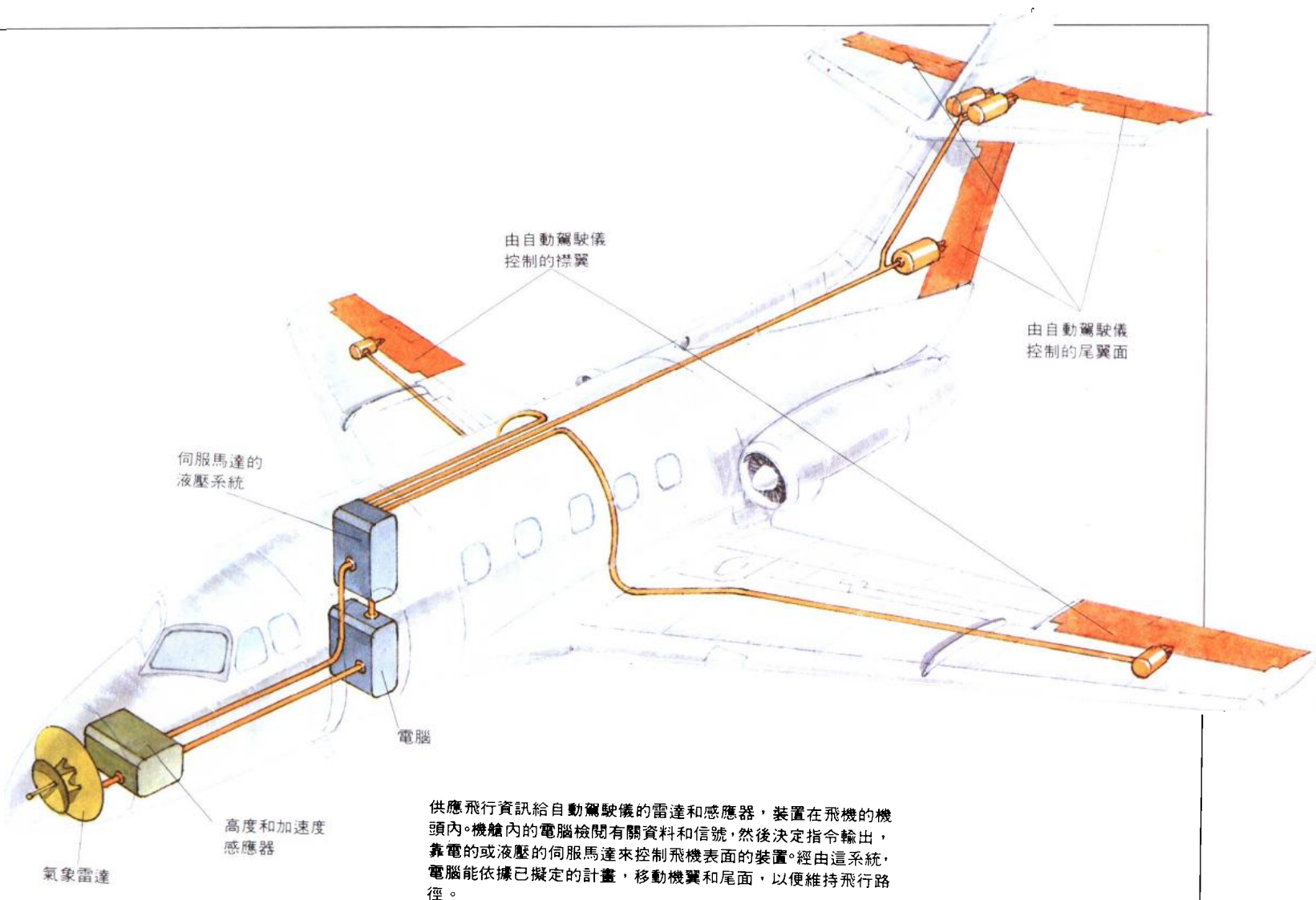
關於自動著陸裝置的電腦資料來源是，透過無線電接收器所接收到機場的特殊傳送頻率。這些信號顯示出水平及垂直的著陸路徑；其分別被稱為下滑斜坡 (glide slop) 及下滑路徑 (glide path)。被稱為進場聯結器 (approach coupler) 的電腦，可據以計算出飛機最適當的轉變曲率和最恰當的下降率，並且顯示出飛離正確航道的偏差度，以便適當地修正偏差的航向。靠這種方法，飛機才能正確無誤地降落到跑道上。

自動駕駛儀的伺服裝置 (servomechanism) 在作操縱控制時，可能使用電能、液壓、氣壓或熱瓦斯來運轉。失去功能或故障的機率總是有的，在自動著陸這決定生死的關頭上，伺服馬達若在利那間失去動力，就可能造成重大的災禍。為了確保安全起見，自動駕駛儀需要裝置三套防止其失效的設備，以防萬一。三個獨立的自動駕駛儀，在相同的時間裏，各自執行完全相同的功能，假如其中一個失效了，飛機甚至不會察覺出來，假如有兩個失效，另一個還能正當有效地供其調遣，使其安全無慮。假如全部失效，自動駕駛儀一定能在失效後，保持至少五秒的正常飛行，使其有充分的時間讓駕駛員來接管操作。

一般，自動駕駛儀在船上的應用也具有相同的重要性，只是船用自動駕駛儀不需要修正高度的改變。現代船用自動駕駛儀能執行船員靠慣性導航系統 (inertial guidance system) 所做的全部任務。美國海軍的核能潛艇，僅靠自動駕駛系統便能航

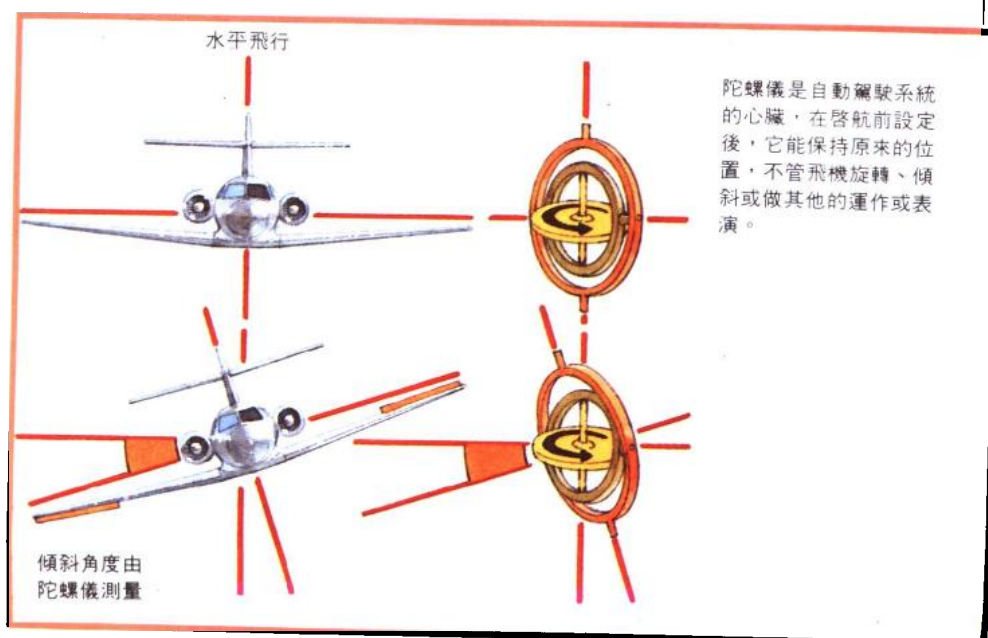


自動駕駛儀使用的四種狀況：(A)自動航向修正，假如風向使飛行偏離預定航路時。(B)自動爬升到預定的高度。(C)無線電信標歸航，引導駕駛員去發現自己原先的飛行路徑或甚至調遣以避免空氣亂流。(D)聽命於駕駛員的指令，自動駕駛儀能做指定的一定功能，如選擇最適當的著陸速度，好讓駕駛員無拘束地專心其他事情。



行數週而不須浮出水面。其他靠自動駕駛儀完成的事件，還包括有史以來第一次在水面下環繞世界航行，和第一次潛水艇安全地在北極升出水面。

今天，自動駕駛儀不僅可供大型的商業飛機利用，甚至小型的、單引擎、一般航空飛機也可以使用，最簡單的自動駕駛儀，可能僅擁有航路上的飛行方向，而需要駕駛員依照航向裝置用手來操作，雖然只是如此，它對長距離飛行仍是一個恩物。駕駛員可以完全放心，當他需要改變航向時，只需撥一下傾斜和轉彎指示器，即可看著飛機自動地轉到新飛行方向上繼續飛行。



自動鋼琴 Player Piano

自從上個世紀自動鋼琴問世以後，瞬即風靡了全美國，而且立刻飄洋過海，馬上成為歐洲的時髦寵物，特別是英國。這種能夠自動演奏音樂的鋼琴受喜愛的程度，自不在話下。有一段期間，它的促銷廣告文案就常這麼說：「你能把鋼琴彈奏得和任何人一樣地好」。甚至在酒館或其他的娛樂場所也出現了自動鋼琴，它的旁邊全都設有一個投幣口，要聽自動鋼琴演奏，只要投下銀幣即可。自動鋼琴也幫助繁音拍子(ragtime，起源於黑人的一種流行音樂)的擴展，使它成為美國這期間最流行的一種音樂，並廣為流傳。事實上，儲存

於鋼琴滾軸上的音樂，是繁音拍子作曲家司格特·卓普林(Scott Joplin)的一些著名作品。然而，西元1930年代的中期，自動鋼琴遭遇了一個突然的轉變，由極其受寵的地位，突降到被視如敝屣的地步，有的被摒棄在市場的一角，乏人問津，這種樂器就這樣成為歷史的陳跡。

機械鍵盤

最早完成自動鋼琴演奏的是美國籍工程師——伏特異(E.S.Votey)。他於西元1897年申請專利，並且率先推及民間，受到極大歡迎。自動鋼琴不斷有人模仿，並且不斷改良。和傳統的鋼琴一樣，自動鋼琴發出聲音也是靠槌子敲擊一系列繃緊的琴弦。但，唯一差別的是，它不像傳統鋼琴的槌子需要由人的指頭按下琴鍵才能運作，而是靠氣壓來推動。在自動鋼琴的琴身裏有一長滾軸的堅韌紙卡，紙卡上有用打孔機打的孔洞，每一孔洞表示一個音符；長空間的孔洞即代表有一長時間的音符。滾軸上的紙卡通過一系列由風箱操作所噴出的氣流，孔洞經過噴射氣流時，空氣即從洞中穿過，並且進入導管對準活門，促使槌子去敲擊孔洞所代表的弦。

在自動鋼琴的初期，鋼琴家是利用踩下踏板或手槓桿來使風箱運作。風箱供應噴射氣流以推動槌子，紙卡滾軸經過時，即

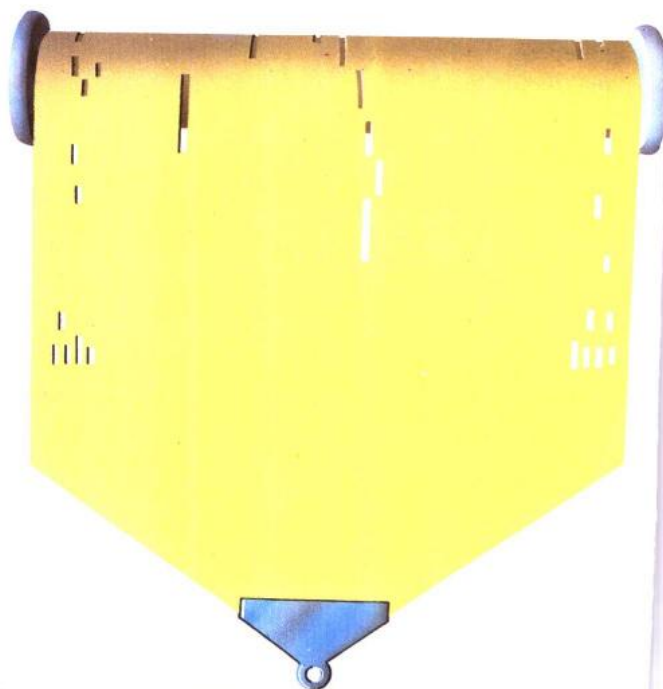
按照紙卡去敲擊琴弦。

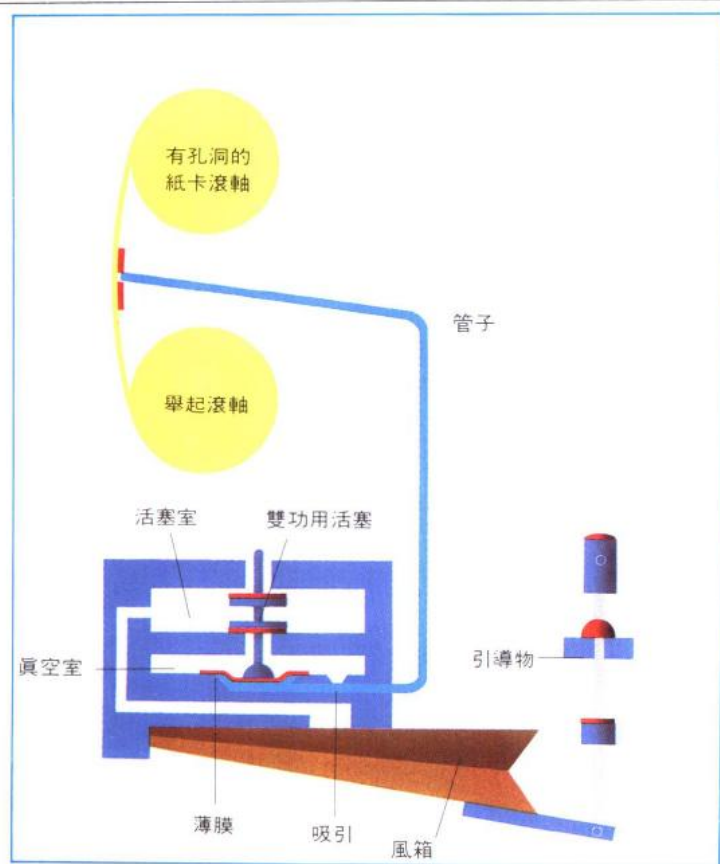
鋼琴滾軸的歷史

自動鋼琴最重要的演進，可能是複製鋼琴的發明，迫使得音樂家演奏時，能夠按演奏家的演奏，而不是按樂譜在滾軸上刻下縫孔。彈奏複製鋼琴時，每一琴鍵底下都佈置了電線，精確地引導筆在移動的滾軸紙卡上標出記號，這些筆跡的長度和空間，就相當於鋼琴家的旋律和句法。這些記號，隨著任何音樂風格的改變而改變，再轉而描繪於音樂滾軸上。

在收音機和留聲機未問世之前，複製鋼琴幫助著名的鋼琴家，如巴德瑞夫斯基(Paderewski)等保留演奏實況。著名的作曲家，包括葛里格(Grieg)、德布西(Debussy)和拉威爾(Ravel)，也利用複製鋼琴演奏自己的音樂。

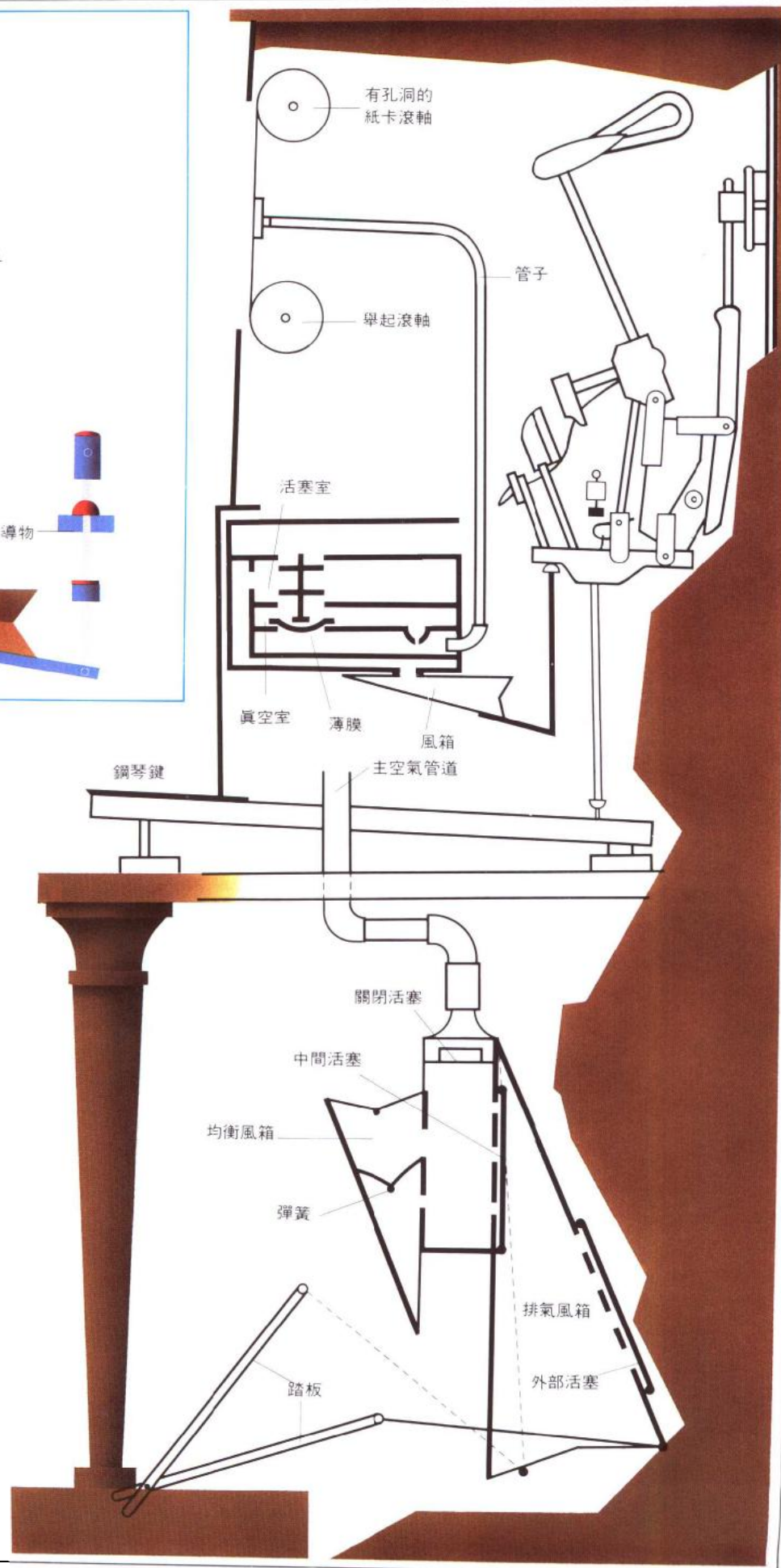
然而，自動鋼琴的全盛時期却非常的短暫。由於收音機和留聲機的發明和演進，使得自動鋼琴迅即由盛而衰。因為自動鋼琴能做的，收音機和留聲機這兩個屬於電氣時代的產物都能做得更好、更經濟。現在任何人都可以從唱盤或收音機聽到全部交響樂團的演奏和聲樂家的演唱。今天，自動鋼琴和自動點唱機已成為歷史陳跡和收藏家的古董了。





最左：掀開自動鋼琴的前面，即顯現如圖的風箱踏板。左：自動鋼琴滾軸。上：圖解顯示自動鋼琴如何運作。壓縮風箱將空氣推入運作系統。當紙卡的孔洞經過管子口時，空氣經由孔洞進入管內，將活塞上推，關住活塞阻斷空氣的流出，使風箱打開，等風箱關閉後，鋼琴槌子即敲擊琴弦。紙卡繼續滾動時，就可演奏出不同的音符。

右：風箱踏板的功用，使風箱不斷地產生真空，來供應自動鋼琴的動力需求。



自動點唱機 Jukebox

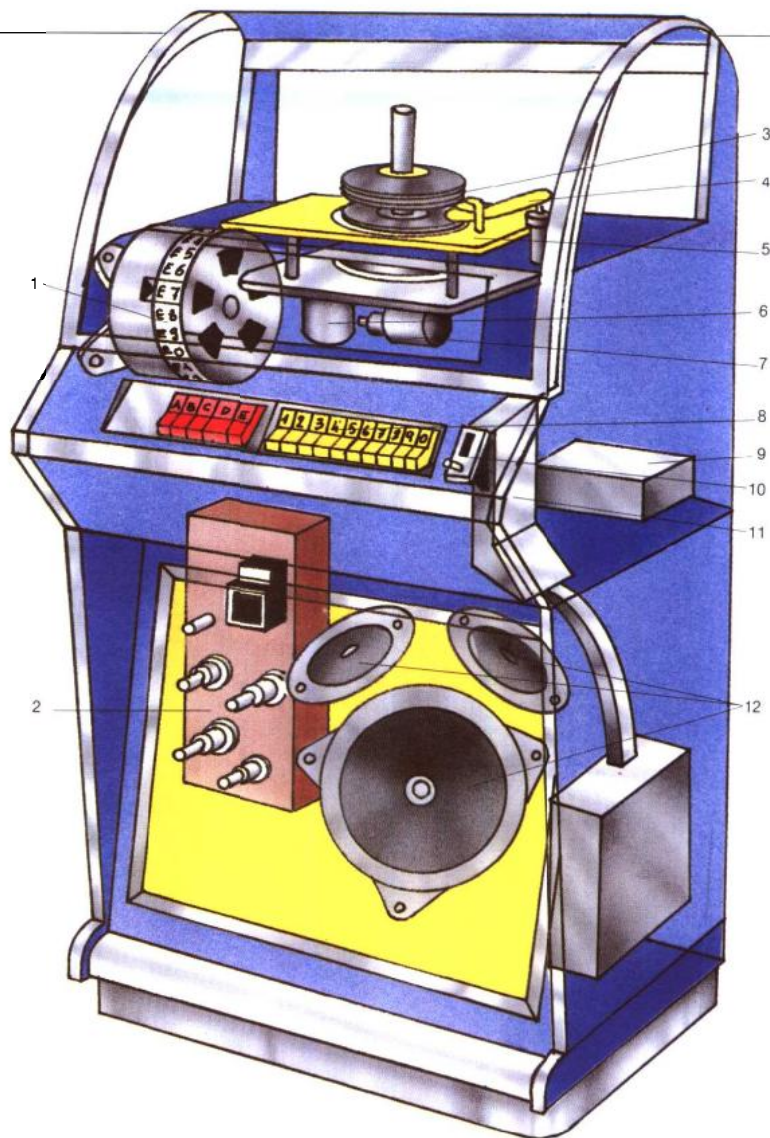
在西元 1939 年，一家美國的新聞雜誌解釋「自動點唱機」為一種用硬幣操作的電唱機，「能夠在酒吧、飯店，和小路邊的舞廳零售錄音音樂，一次 5 分錢」。當時，自動點唱機這個名詞對一般美國白人來說是相當新鮮的，因為它來自非洲系美國人的語言，可能是源自西非的字，意思是「混亂」(disorderly) 或「邪惡」(wicked)。美國黑人說「jukehouse」或「jukejoint」是指有自動點唱機音樂，且可以吃喝、唱歌和跳舞的地方。現代自動點唱機的祖先是硬幣操作的音樂盒，或五分錢娛樂機 (nickelodeon)，點唱時需使用五分錢銀幣。

裝飾箱的內部

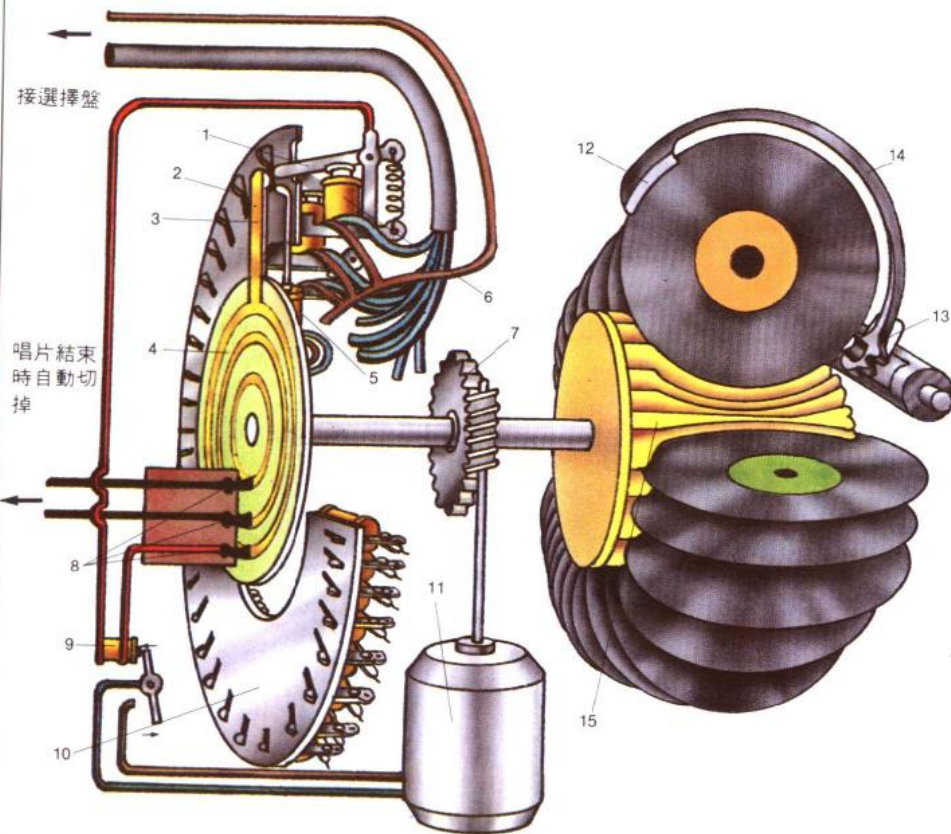
在一般自動點唱機五顏六色的燈光後，及華麗外殼的內部，是一具複雜的機器。從投幣口投入硬幣並選擇唱片的這一個簡單動作，已對此機械樂師發出信號，並開始它複雜的工作。

在典型的自動點唱機裏，設有硬幣通過時稱重和測量的測試機構，以及一種能排除任何不正確金屬的磁鐵裝置。通過檢驗之後，硬幣觸動開關，送出訊號給機器中的轉輪，每張唱片都有一個轉輪上的輪牙

右：自動點唱機的主要零件：1 機械式選擇器，2 擴大機，(3) 唱片架，(4) 唱臂，(5) 轉盤，6 轉盤馬達，(7) 唱臂舉升馬達，(8) 音樂選擇盤，9 錢箱，(10) 投幣口，(11) 退幣口，(12) 揚聲器。



左：電力機械選擇系統的詳細圖—(1) 啟動開關，(2) 停止開關，(3) 電刷接觸唱臂，(4) 旋轉的選擇圓盤，(5) 重新設定的螺旋磁化線圈，(6) 螺旋磁化線圈，(7) 齒輪控制器，(8) 電刷，(9) 繼電器，(10) 固定的選擇圓盤，(11) 選擇馬達，(12、13) 唱片握把，(14) 握把臂，(15) 唱片架。



(或齒)表示。投入金錢的數量決定此輪的旋轉次數，以及選擇唱片的張數。

正確數量的硬幣投入後，顧客便可隨自己的喜好，按下自動點唱機上的一組按鍵，送出訊號給機器中的「腦」。其中有種選擇裝置是使用一組針，每支針代表每張唱片的一面。當一個開關舉起其中的某一支針時，它便再促使另一元件選擇所要的唱片。

另外一種選擇的裝置，就像計算機中的記憶系統一樣，使用微小的磁化鐵片，每個鐵片代表每張唱片的一面。每當做出一個選擇時，某個開關就送出訊號給正確的鐵片，使它發生作用。鐵片上磁狀態的改變就送出所要唱片的訊號給選擇元件。這種磁片式的選擇裝置現在比較佔優勢，因為它不需要移動零件所以不會造成損耗。

自動點唱機的顧客應該知道，如果在唱片運轉之前，同一個選擇鍵按兩次時，唱片只會運轉一次。同時也要注意，唱片並不按照選擇的次序運轉，而是按照貯存在自動點唱機中的次序運轉。

唱片貯存系統

在某種機型的自動點唱機中，唱片貯放在一排座架上，由一個機械式的選擇器移動到選擇的唱片位置。被選中的唱片由一隻唱臂推出座架外，而以直立的位置運

下：「影像聲音機」(videovox)的早期機型，是一種與電視結合的自動點唱機，可以顯示歌手表演或演唱所選的音樂。



轉。唱臂的每一邊都有一支唱針，以此運轉所選擇唱片的那一面。另有一個彈簧使唱針壓向唱片。

另外一種機型的自動點唱機，圓環狀的唱片架繞著固定的選擇器，移動到所要的唱片位置。由一隻唱臂將唱片舉出唱片架外，然後放在轉盤上做水平運轉，就像一般的唱機一樣。當選擇結束後，機器會自動轉回到原來靜止的位置。

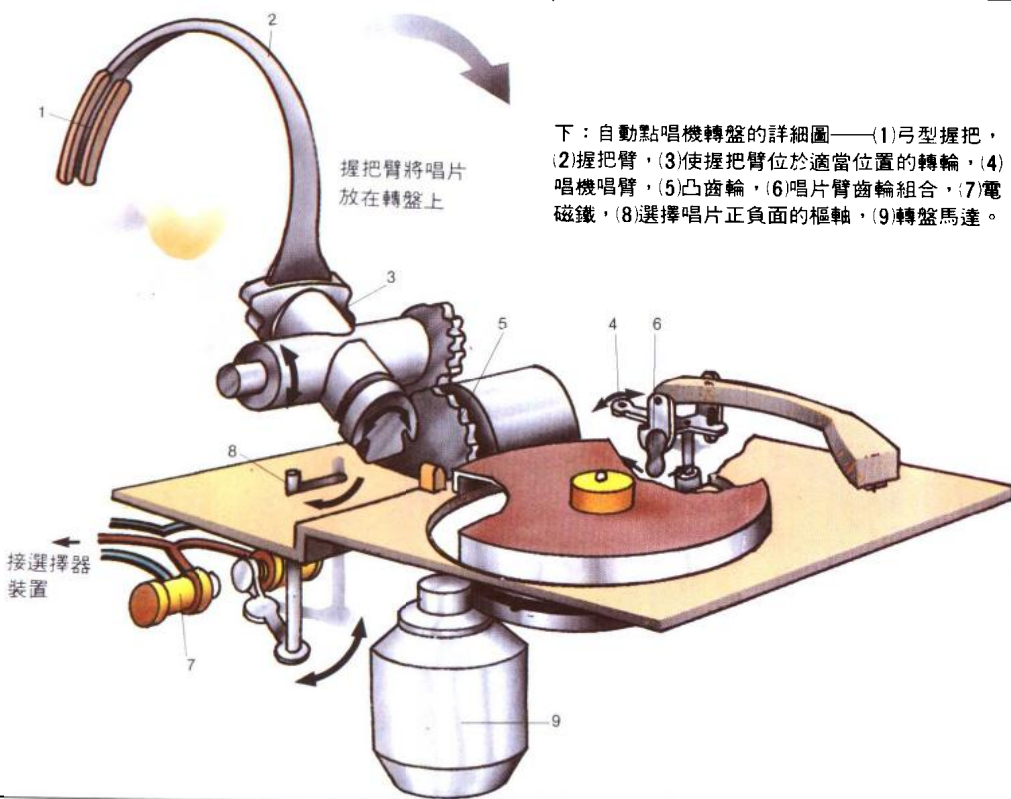
某些自動點唱機，具有連接一組的偏遠選擇器和硬幣投入口的功能；這種安排讓顧客在飯店房間較遠的角落中，亦可要求此機器歌唱或演奏。

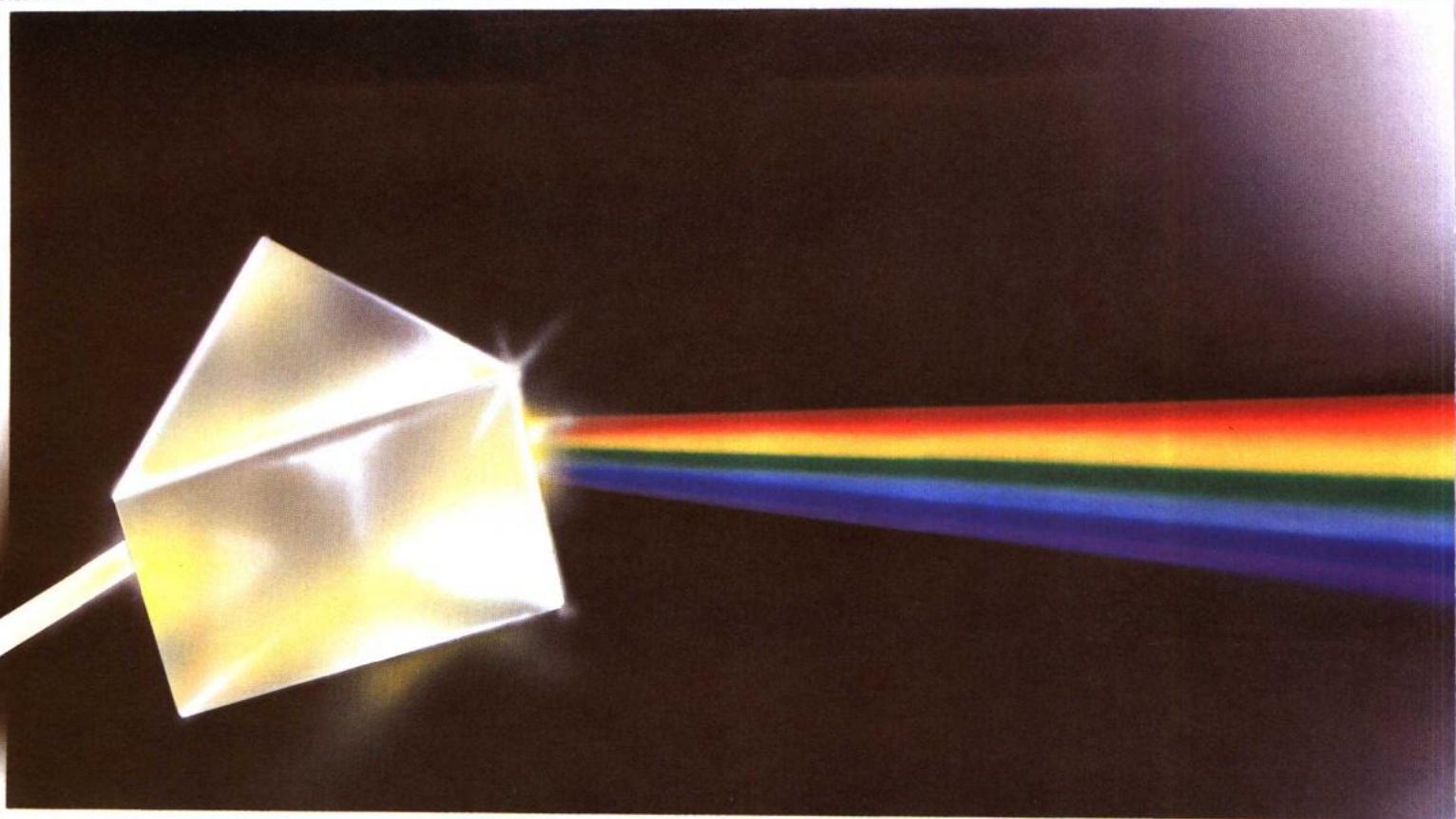
大部分現代的自動點唱機都適用以每分鐘 45 圈 (rpm) 旋轉、17 公分的唱片。典型自動點唱機的唱片之兩面，可提供高達 200 種的選擇。

下：自動點唱機的唱片選擇，通常是根據歌曲名稱和演唱者姓名的分類表，以字母和數字加以編碼，陳列在機器頂端的顯示板上。



下：自動點唱機轉盤的詳細圖——(1)弓型握把，(2)握把臂，(3)使握把臂位於適當位置的轉輪，(4)唱機唱臂，(5)凸齒輪，(6)唱片臂齒輪組合，(7)電磁鐵，(8)選擇唱片正負面的樞軸，(9)轉盤馬達。





色彩的本質，其實和我們所想像的情形略有出入。我們習慣於將色彩和某些特定的物件搭配起來——天空是藍色的、草地是綠色的。我們通常會認為那是生活中最普通不過的事情了。因為我們第一次使用色彩的時候，可能是以蠟筆或水彩畫圖，而且當我們用黃色蠟筆塗抹在紙上，它就會顯現出黃色的線條和圖案來。

事實上，色彩的產生是一種非常奇妙的現象——它肇因於光對我們視覺器官引起的感覺，沒有光，也就沒有色彩。一塊很鮮艷的橙紅色花布，在黑暗的房間裡會失去色彩，它看起來是黑色的；但是如果將一道白色光線投射在布上，色彩便會顯現出來了。

人類對於色彩本質的研究，已經有數千年了，而色彩是光所造成的現象，則是在近代才了解的事實。實際上，色彩代表著光波所具有的能量——當光波具有某種波長(wavelength)和相對的強度時，便會呈現出某種色彩來。牛頓在 300 年前就做過一個著名的實驗，他發現用三稜鏡可以將陽光分散成彩色的光譜(spectrum)；如果在這個稜鏡前面再放置一個稜鏡，還可以将彩色光線重新收集為白色的光。牛頓的實驗在當時的科學界引起了極大的震撼，因為在他提出這種說法以前，人們一直認

為色彩是物體本身所擁有的特質，色彩可以被「製造」出來，就如同畫家將某些顏料混合在一起以產生所需要的顏色一樣。

不錯，任何人都能夠將藍色與黃色混合成綠色，這是千真萬確的，但是如果僅僅觀察到這種情形，便推論出物體本身具有色彩，那就大錯特錯了！而且這個錯誤可以立即被證實出來。當我們把一束紅光與綠光相互重疊時，將會產生黃光；但是黃色顏料却並非由紅色和綠色調和而成的——這樣混合，將會呈現出土黃色。

在了解這個現象以後，讓我們再回頭看看前面所討論的重點——色彩是由光引起的效應。我們能夠看見色彩，必須依賴三個相關的要素：光、被光照射的物體，以及我們的眼睛對光產生的感覺。當我們用光線照亮柏油路上的小水坑時，它看起來是黑色的；但是如若我們在坑中倒入一湯匙煤油，水坑中便會閃耀出彩虹般的光彩。這是什麼緣故呢？因為煤油在水面上形成了一層極薄的薄膜，薄膜上各部分的厚度不盡相同，因而將光線分離成不同的波長，於是便產生了不同的色彩。

色彩的秘密

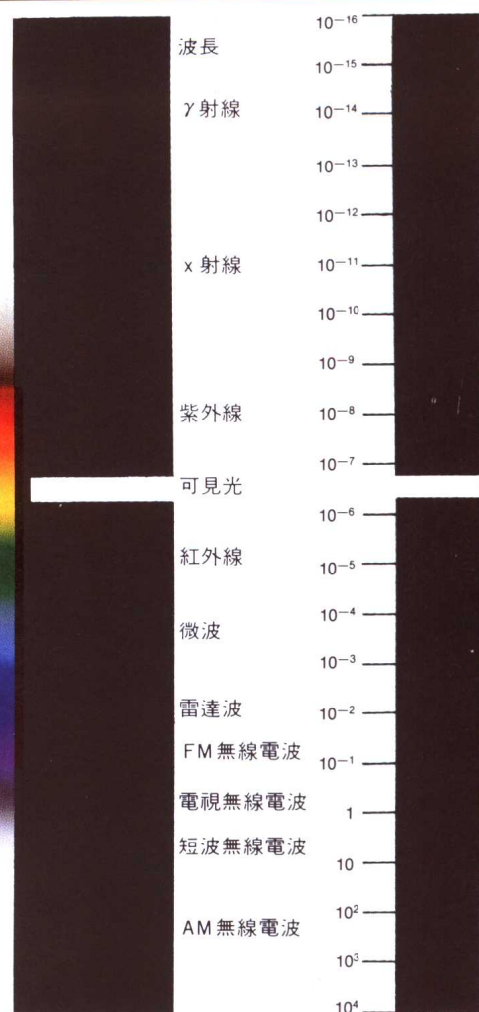
色彩是由不同波長的光所組成的——這便是色彩的秘密。白光是許多不同波長混

合的結果，波長的範圍從 380 毫微米(nanometer，簡稱 nm，測量光波波長的單位；1nm 等於十億分之一公尺)到 720 毫微米，介於紫外線和紅外線之間，涵蓋了所有的可見光區域。玻璃稜鏡能夠減緩光線通過時的速度，而將光線分析成不同的波長，每種不同的波長都會顯現不同的色彩，正如同鑽石刻面上所產生的彩色光輝一般。

藍色、黃色和紅色被稱為三種原色(primary color)，因為其他的任何色彩都可以由這三種色彩調配出來，這三種色彩卻無法藉著混合其他的色彩而產生。為了便利製造工業在生產各種有關產品——諸如油漆、染料之類——的過程中，能夠確實掌握對各種原色的運用，一般的混合色料，通常都是就其中原色相關含量的不同而編定號碼，這種分析和編碼的工作，是藉著基本色光的精密測量而達成的，如此才可以確保各組色料之間不致發生混淆的情形。

由於各種色料製品經過這樣的製造程序，現代的畫家或油漆工可以購買筒裝或罐裝的顏料，畫出各式各樣的藝術品，或是將房屋漆上各種圖案。早期的藝術家可就沒有這樣幸運了——達芬奇、米開蘭基羅或是佛梅爾，都是自己動手混合各種顏

地球上的光線，絕大多數來自太陽。到達地球表面的陽光，波長介於0.4~0.7微米之間，各種波長混合之後，便會產生白光。如果讓白光穿過稜鏡，則各種波長會分離開來，由紅色到藍紫色，排列成可見光譜。右：表上的白色橫條，即為可見光譜在電磁光譜上的位置。



下：中間性色彩是由原色混合而生的。我們可以利用兩種方法調配出中間性色彩，一種是加色混合，另一種是利用減色的方法。紅色加上黃色會產生橙色；從綠色中抽取出藍色，便剩下黃色；由紫色中減去藍色，則會呈現粉紅色。右下：顯示藍色、紅色和綠色加色混合的情形。

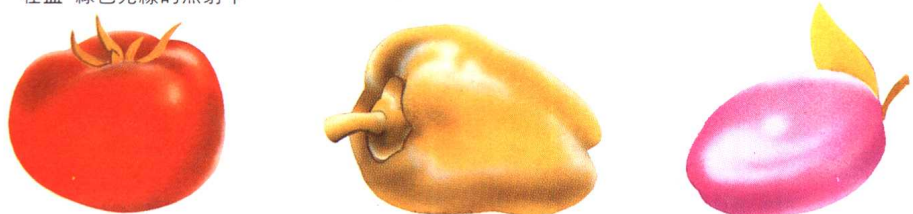
在藍-紅色光線的照射下



在綠-黃色光線的照射下



在藍-綠色光線的照射下



料，並且利用視覺調配各種色料的比例。

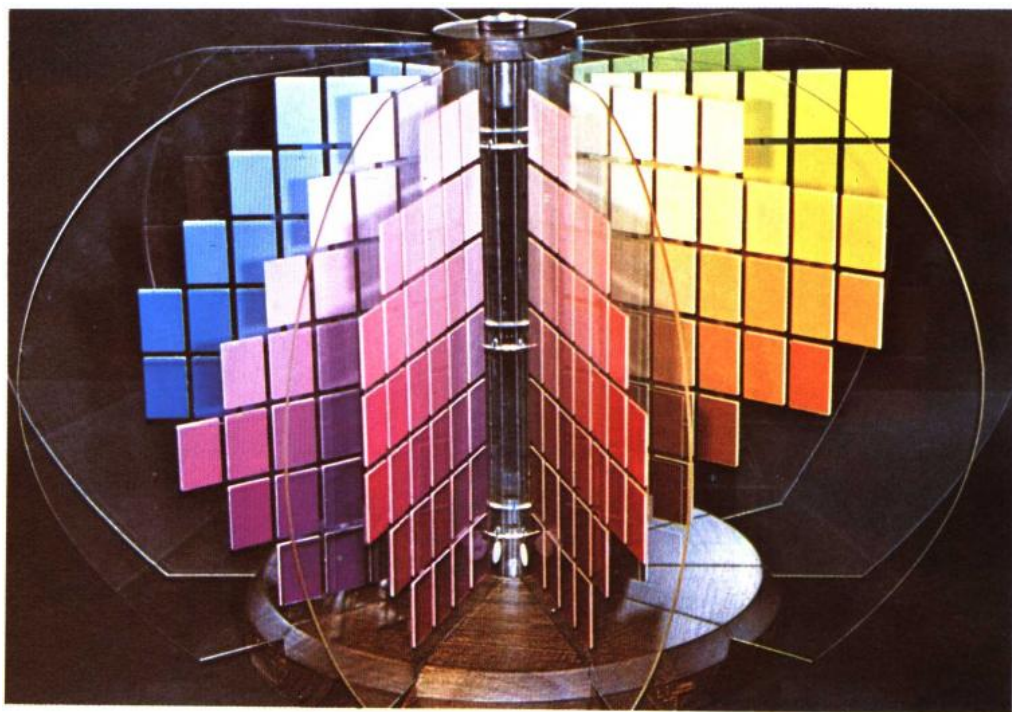
為什麼顏料能夠顯現出色彩？它們如何顯現出色彩？色彩的產生，是由於光波被傳送、反射或吸收的結果。有些物質只會傳送或反射某種波長，例如藍色和黃色；有些物質則會吸收所有的波長——除了綠色光的波長之外，於是以這類物質製成的顏料，便呈現出綠色的色彩。另外還有些物質會吸收不同的波長，因而導致其他色彩的產生。在上述的例子中，波長被吸收的結果，造成了某些單色光的消失，我們稱之為色彩的消滅現象。

色彩的分子

除了顏料之外，許多類似的色彩消滅現象中，分子都是扮演著主要的角色。就綠色植物而言，葉綠素(chlorophyll)中含有可以吸收藍光與黃光波長的分子，而會反射綠色的光。不同的綠色植物，對波長吸收和反射的程度也各有差別，所以會造成深淺不同的綠色。油漆塗料的製造，是將某些物質溶於水或亞麻子油之類的透明溶液中，因而使得這些物質的分子對光的吸收更加準確。

加色混合(additive mixing)是另一種混合色彩的方法。舉凡舞台燈光、攝影或電影製作，都可以運用這種方法來產生不同的色彩效果。在上述的例子中，是讓燈光穿透有色的濾光鏡，使藍光和黃光能夠被分離或重疊使用。這兩種色光重疊時，會呈現綠色。如果將第三種原色——紅色——也加入重疊的色光中，便會產生純白色的光。這不啻為牛頓實驗的一個有力佐證。

加色混合也被廣用於色彩印刷(printing)和彩色電視畫面的製作。製作過程的第一個步驟，是將彩色圖片分解成數以千計的微小色點。(任何彩色印刷品的網點，都可以用放大鏡觀測得到。)當鐫版師準備印製一幅圖畫時，他首先會透過一個照相製版用的網狀玻璃，把它拍照下來，然後將黃色以外的顏色完全濾掉，使圖片上僅留下黃色的小點；緊接著再重複相同的步驟，分別將藍色、綠色和紅色添加上去，最後再增加黑色做為對比之用。這類圖片必須以黃色、藍色、綠色和紅色分別印刷，一共四次，並且加入黑色，使這些色彩互相重疊混合，而重新產生圖片上所具有的不同色彩。製作彩色電視機畫面的過程，原則上也是相同的。

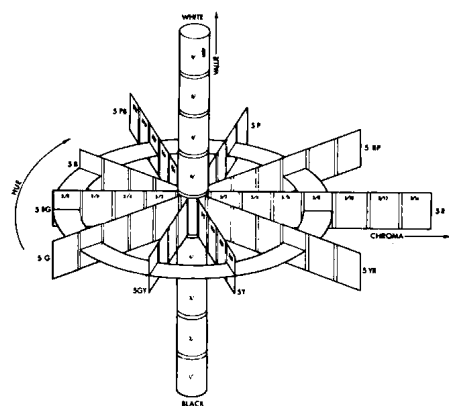


色彩與視覺

只有人類和少數的動物——靈長類、蝴蝶、蜜蜂、魚、兩生類、某些爬蟲類和幾種鳥類——可以精確地分辨色彩，其他的動物都是色盲。人類之所以能夠感覺出色彩，主要是憑藉著視網膜內的三個視覺圓錐體。視網膜位於眼球的後方，是負責對光產生感覺的區域。色彩感覺的起因，是視覺器官具有吸收某些波長的功能。這些圓錐體首先會吸收藍光與紫光範圍內的波長，其次是綠色，最後才是黃色和紅色。我們能夠看見色彩，則是這些波長混合的結果。某些人因為部分或全數的視覺圓錐體失去作用，而成為色盲，這是由遺傳得來的。

色彩具有某些特殊的性質，這是它所以能被感覺出來的重要因素。色彩本身所顯現出來的外觀，稱為顏色，能夠用標準值標示，目的在便於製造人工顏料。此項標示目前已為國際照明委員會所廣泛採用。建立色彩標準值的方法稱為「色量計」，是以三種原色做為審定的基礎。色量計是以分光光度器(spectrophotometer)對色彩做客觀衡量，比較樣本色彩與標準值的強度，而均等地反映出所有的色彩。利用這種方法，任何樣本的正確值都能被精確地建立，以致於色彩可以因人為或其他的目的再製。

此外，色彩還具有一些其他的性質。色彩能否再製，取決於色彩的明視度，或是色彩對光線反射的強度。能在標準照明度

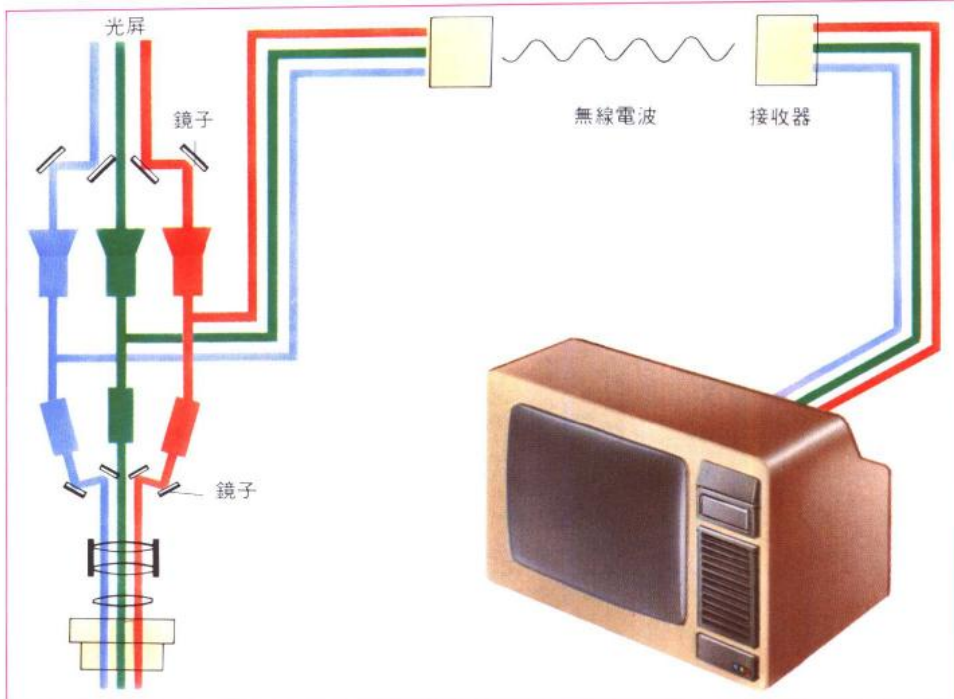


上：兩個色彩架，做為色彩及色度分類之用。
右上：圖中顯示電視發射機傳送彩色影像的過程。光束從物體的表面上反射出來，依色彩的不同，分裂成三道光束。每道光束的強度值都被傳送到電視機的接收裝置中，並且在該處重新組成物體的影像。

下清晰顯現的色彩，才可以使用分光光度器進行觀測。將彩度與照明度同時納入考慮範圍，往往可以解決許多有關色彩應用上的問題，舉例來說，在明亮的地方或是陰暗之處，色彩會顯現出何種程度的差異，這一點對於室內裝潢工作來說，是相當重要的，它能夠使室內色彩的取用，完全配合整體設計上的需求。

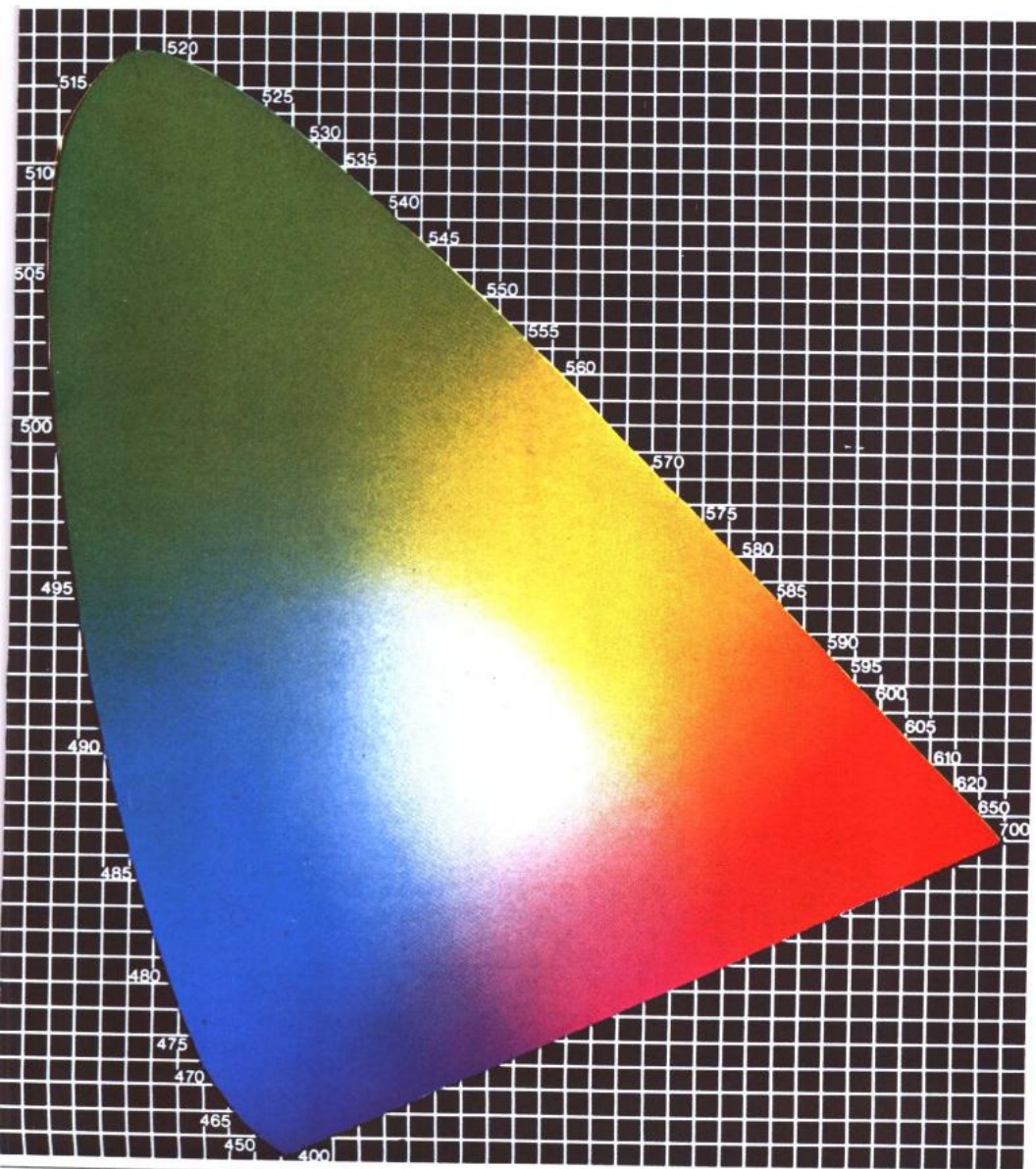
亮度、色度及純色度

提起色彩，科學家們會立刻聯想到它的亮度、色度(hue)以及純色度(saturation)。鮮麗色彩的亮度較強，也就是能夠反射出較多的光。色度和波長有關，那些具有主要波長的光波，會呈現紅色、橙色、黃色、綠色、藍色、靛青色和藍紫色，介於這些主要波長之間的其餘波長，則會呈現出各種過渡色彩，這類色彩可以依照色彩混合的方式調配出來。所謂色彩的純色度，就是色彩之中混合了多少白色。純色度較低的色彩，都是一些較淡的色彩，也就是混合較多的白色，例如粉紅色就是紅色和白色相混而生的。相對地，純色度較高的色彩——例如褐色——便只有少數的白色混於其中，因此反射出較少的光。最深或是最純的色彩，則完全沒有混入白色。



色彩的用途可謂不勝枚舉。藝術家以色彩對視覺造成的印象來闡釋作品主題的意境，效果遠超過僅用圖畫結構所進行的描述。例如利用色彩的對比，可以激起欣賞者種種的主觀聯想。荷蘭畫家林布蘭，使用純色度極高的色彩作畫，他的作品充滿悲觀和憂鬱的氣息；英國畫家泰納是色彩排列大師；另一位荷蘭畫家佛梅爾則是利用純色度適中的色彩作畫，對明暗對比的效果掌握得較為準確。色彩在製造工業中的應用範圍也相當廣泛，利用色彩將物體和裝置分門別類地標定色碼，可以在操作過程中節省可觀的時間和人力。舉例來說，電子工業中將各種線路以顏色做成標記，化學工廠也用顏色區分複雜的管道設施，以便於掌握運作過程中的每一個細節。

左：圖中的色彩三角形，顯示出利用三原色座標系將中間色彩區分種類的原理。對於某種樣本光束，先測量出三原色在其中所佔的百分比，然後在色彩三角形上找出座標點，將上述的混合光束準確地標示出來。使用這種方法，可以鑑別每一種色彩的明亮度。



血友病 Hemophilia

對患血友病的人而言，一小小割傷或淤傷都有可能致命。因為血友病是缺少使血液凝固的某些因子，所以如果沒有立即輸血，病人很可能死於大量出血。血友病的英文為 hemophilia，是由兩個字根合成的，其為「嗜血者」之意。

凝血時間加長

在正常狀況下，流血的情形可因血塊的凝固而停止出血，而血液的凝結是一連串複雜化學反應的結果。血小板是血液中最小的細胞，它們有黏附在一起的趨勢。當血管受損時，血小板會開始在受傷處聚集，然後黏著在一起，形成血栓。血小板在這反應中，會釋放出一些因子來引發凝血的連鎖反應；這些因子稱作凝結因子（clotting factor），是一種特殊的血蛋白。在這些凝結因子作用下，會產生前凝血酵素致活體（prothrombin activator 或稱 thromboplastin），有了此物質便可將前凝血酵素（prothrombin）轉變成凝血酵素（thrombin）；而凝血酵素又可將纖維蛋白原（fibrinogen）轉化成纖維蛋白（fibrin）。當纖維蛋白附在血小板血栓上時，可以強化血栓，因此血塊便會形成，血流自然也就停止了。

典型的血友病是因為缺少第八因子 (Factor VIII)，或稱抗血友病因子 (antihemophilic factor；縮寫為 AHF) 這種凝血因子所致。若無足量的第八因子，則纖維蛋白的形成會嚴重受阻，於是血液凝固的時間就會延長許多，造成血流不止。另一種的血友病，我們稱之為克氏症 (Christmas disease)，這是缺少另一種凝結因子——第九因子 (Factor IX) 之故。缺少第九因子的病患數大約是典型血友病 (缺少第八因子) 病患數的五分之一。

血友病的遺傳學

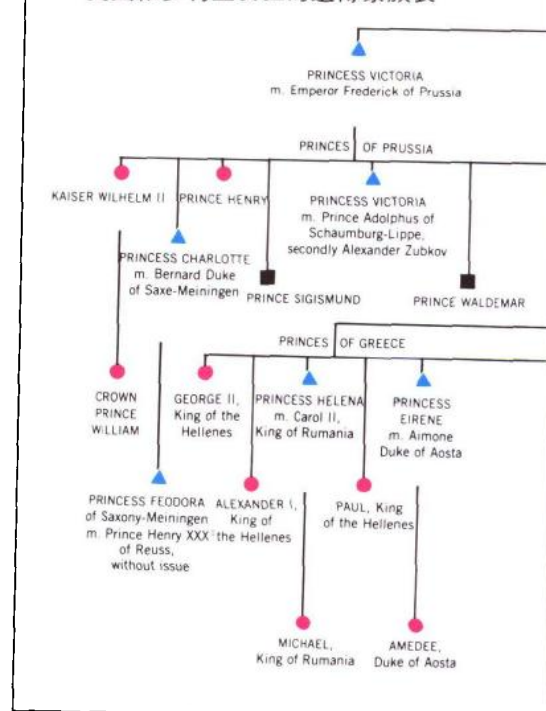
血友病是隱性性聯遺傳的好例子。個體的性別是在受胎時，由 X 和 Y 染色體 (chromosome) 所決定的。女性有兩條 X 染色體，而男性有一條 X 和 Y 染色體；一條 X 和一條 Y 的結合會產生男性，兩條 X 結合則產生女性，所以男性 Y 染色體在性別決定上十分重要。父親可將得自其父代的 Y 染色體，傳給兒子；而把得自其母方的 X 染色體，傳給女兒。在上述兩種血友病中，第八因子和第九因子缺乏的基因都是位於 X 染色體上，會由母親傳給兒子。如果一個男嬰得到了來自其母方的血友病因子，那他一定是血友病患者，因為來自父方的 Y 染色體上，並沒有可以掩飾隱性血友病基因的正常基因存在。女性則可以帶有血友病基因，而不患血友病，因為在另一條 X 染色體常會帶有正常的基因，可把血友病基因的表現掩蓋住。雖然幾乎所有的血友病患者都是男性，但是如果女性兩條 X 染色體上都有血友病基因，則女性也會患血友病。這樣的病例很少，不過父母雙方是近親聯婚的話，就很可能發生。

血友病的病例很少，大概一萬個男性中會有一個。從維多利亞時代(Victorian period)以前到第一次大戰期間，血友病一直被稱為歐洲皇室病，因為歐洲皇室間常常近親聯姻，故其後代常有較高的機會帶有血友病的X染色體；這可說是對歐洲皇室婚姻制度的一種懲罰。

血友病的治療

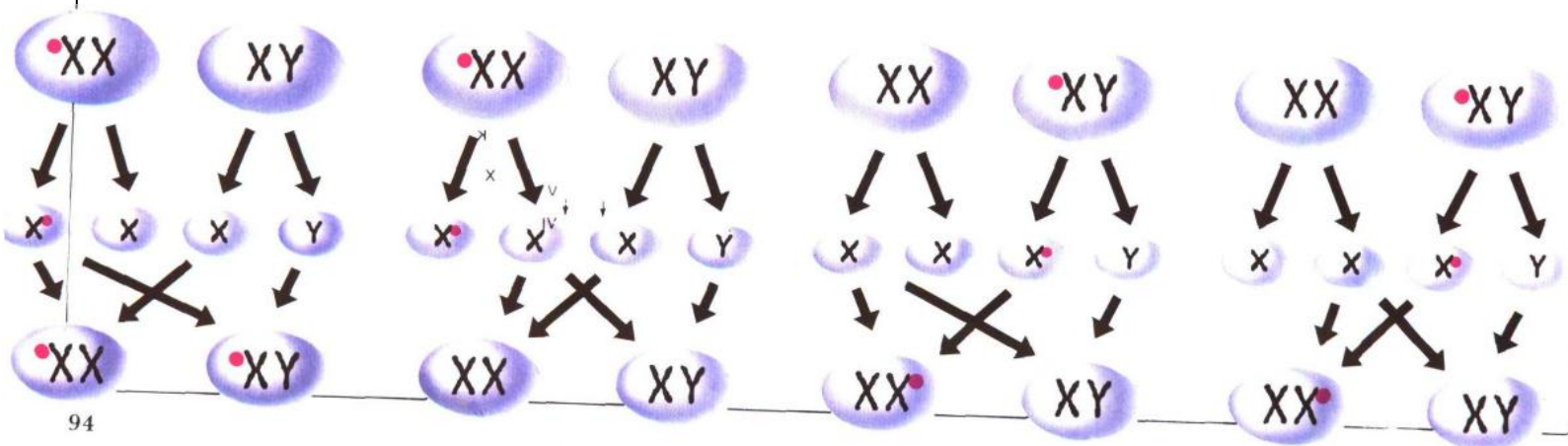
因為血友病患必須極度小心照料，以免受傷，於是歐洲這些血友病王子，在嚴密的保護下，自然會有種種的傳說故事。40年前，大部分的血友病患會在20歲以前

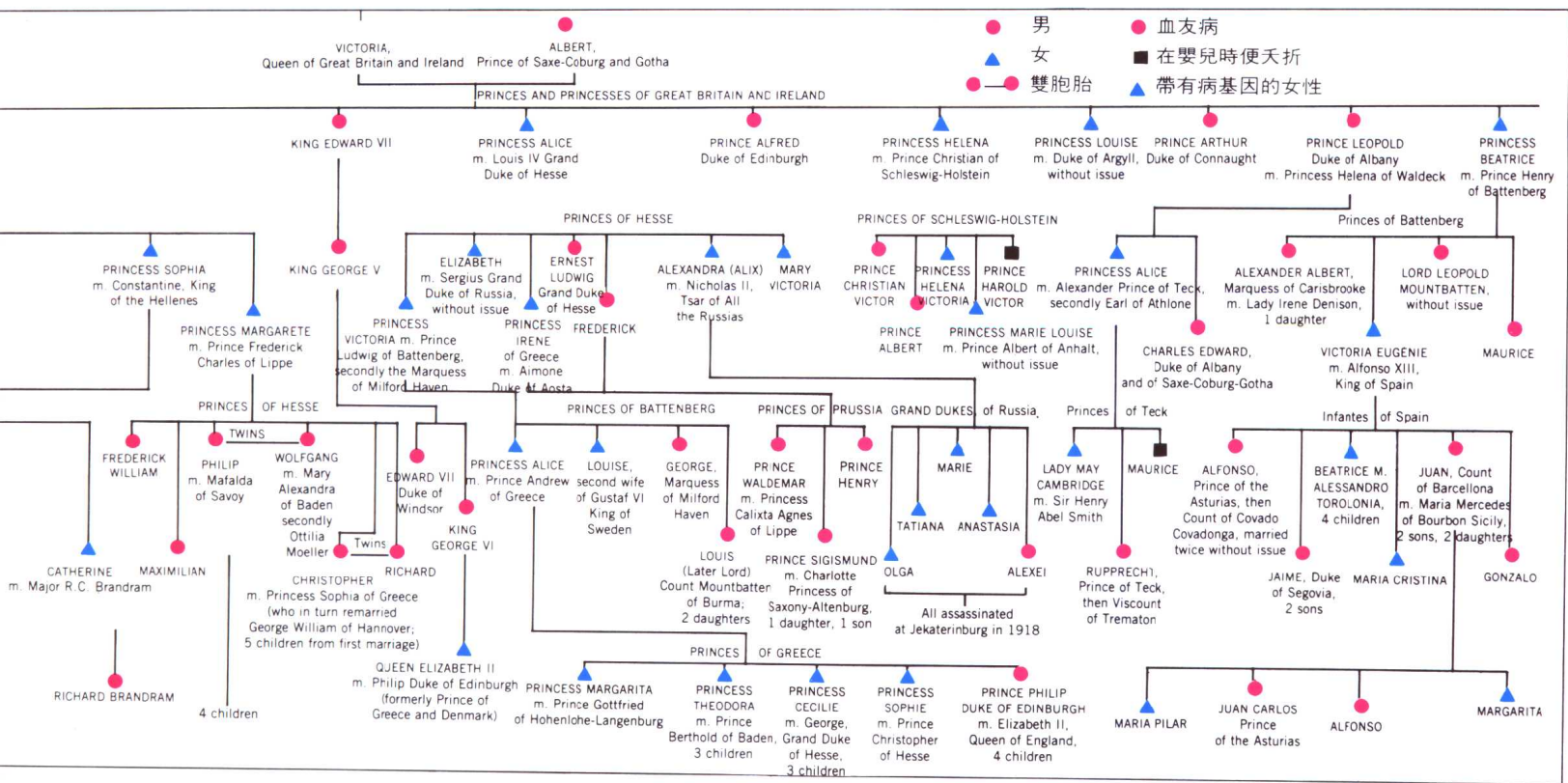
英國維多利亞女王的遺傳家族表



便去世了。正常人可以過著極活躍的生活；血友病患則無法享受這樣活躍的日子，並且在危急時，必須迅速送到醫院去。而今醫藥的進步不但增長了他們的壽命，更改善了他們的生活品質。

以前，要停止血友病人的出血就必須施行輸血。然而最近的技術已經可以將第八和第九因子自血液中萃取出來，加以冷藏，再解凍後，把它濃縮。我們知道第九因子比第八因子更穩定，也更易貯存，但是並不了解其詳情；而且我們也知道在大量情形下，此二因子才易濃縮成功。科學家預測在不久的將來，血友病患可隨身攜帶所需要的凝結因子，一旦需要時，便可自己加以注射。

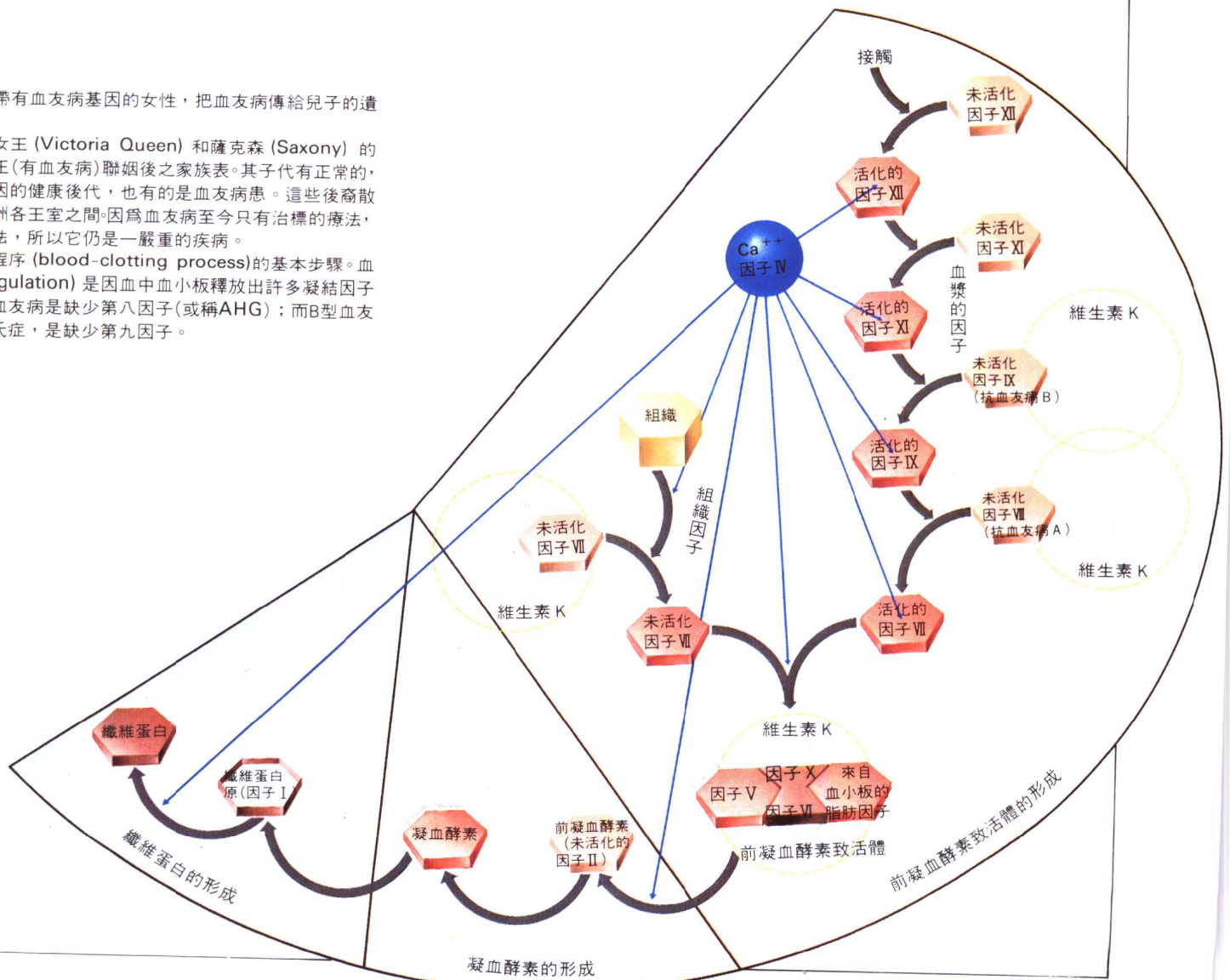




左下：健康但帶有血友病基因的女性，把血友病傳給兒子的遺傳機制。

上：維多利亞女王 (Victoria Queen) 和薩克森 (Saxony) 的亞伯 (Albert) 王 (有血友病) 聯姻後之家族表。其子代有正常的，有帶血友病基因的健康後代，也有的是血友病患者。這些後裔散佈血友病在歐洲各王室之間。因為血友病至今只有治標的療法，沒有根治的方法，所以它仍是一嚴重的疾病。

右：血液凝固程序 (blood-clotting process) 的基本步驟。血液的凝固 (coagulation) 是因血中血小板釋出許多凝結因子之故；典型的血友病是缺少第八因子 (或稱AHG)；而B型血友病，或稱為克氏症，是缺少第九因子。



血液 Blood

從蚯蚓到人類，血液是所有動物生命的基本體液。血液是由心臟唧筒系統推送，流經全身，攜帶氧氣和養分到各組織，而帶走足以致死的廢物和二氧化碳。

血液可視為身體的組織，由特化的細胞懸浮在血漿(plasma)中所組成。一試管的血液經過離心後，可明顯地分成三層：上層是澄清呈黃色的血漿；中層是由白血球(white blood cell，或稱 leukocyte)形成的白色狹帶區；下層則是由紅血球(red blood cell，或稱 erythrocyte)組成的暗帶。

人類血液的細胞成分

組成血液的細胞，絕大多數是紅血球，它們是由骨髓所製造，且無細胞核。紅血球的主要功能是，從肺部運送氧氣到其他的組織；並且攜帶由組織釋放出的二氧化碳到肺部，使能將二氧化碳吐出體外。紅血球內有一含鐵的蛋白質，稱之為血紅素(hemoglobin)可以執行與氧和二氧化碳結合的功能。

白血球有細胞核，且具有獨立活動的能力，而不像紅血球完全隨著血漿流動。白血球有三種形式，其主要功能在於幫助身體抵抗外來的感染。當像細菌這一類外來物質進入人體後，一種稱為嗜中性白血球(neutrophil)，便會包圍外來物質和消滅它們。然後，另一種白血球——單核球(monocyte)，便開始吞噬這些外來者，把它們分解。最後，淋巴球(lymphocyte)釋放出抗體來中和由傳染物放出的毒素。

血小板(platelet，或稱 thrombocyte)幫助血液的靜止或凝固。當血管被切斷後，血小板開始聚集在傷口處，堵塞傷口而阻止大量血液流失。當懸浮於血液中的蛋白質(纖維蛋白原 fibrinogen)，轉變成非水溶性的形態——纖維蛋白(fibrin)，而使血球卡在纖維血塊(fibrous blood clot)中時，則血液就完全凝固。

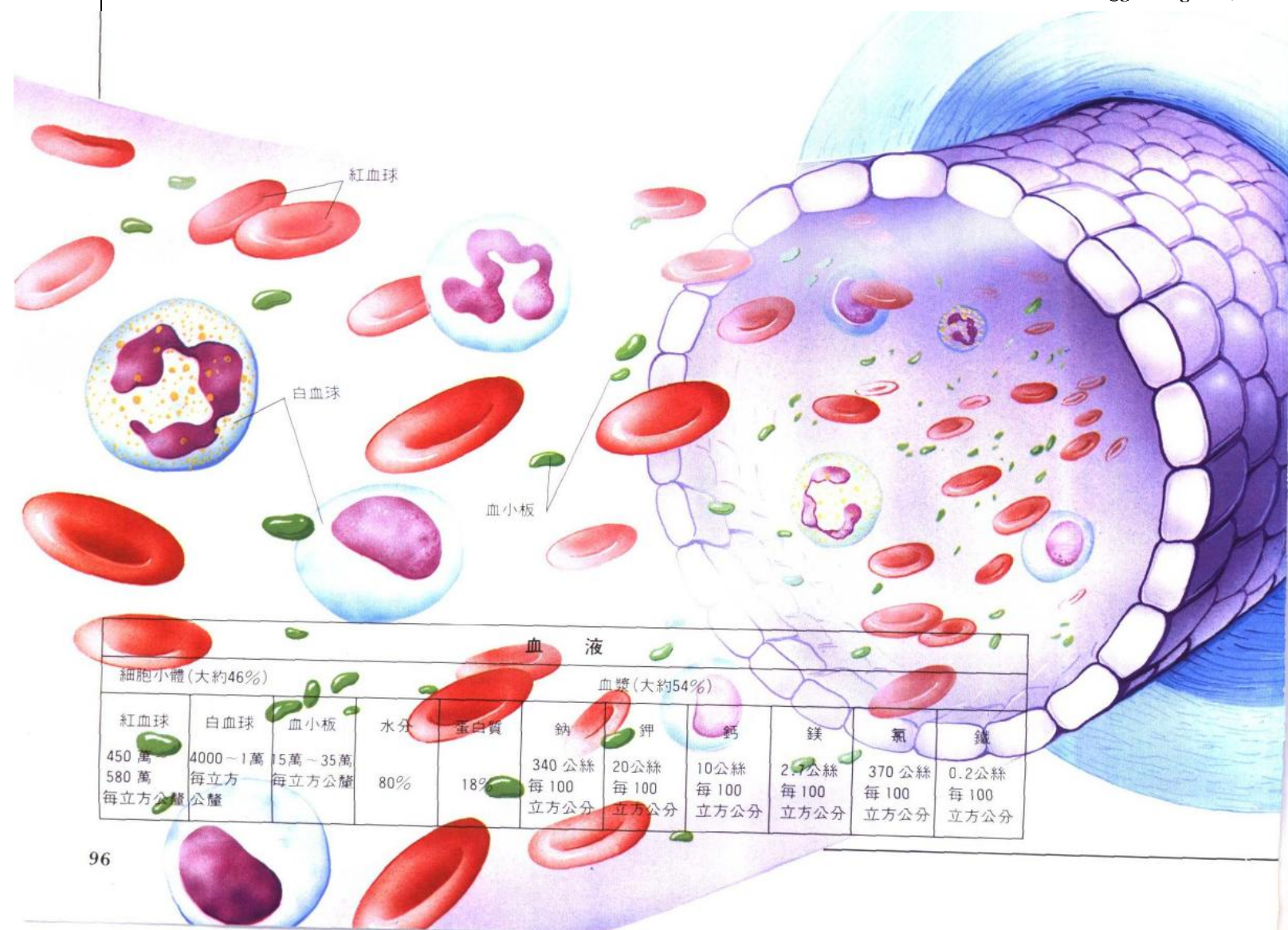
血漿

對有些簡單的海洋生物如海綿

(sponge)而言，海水就是其體細胞排除廢物與獲得養分的介質。而血液中的血球也和海綿相似，懸浮在含百分之九十一水分的血漿中；此外，血漿內還含有蛋白質(如白蛋白 albumin、球蛋白 globulin、纖維蛋白原)、脂肪、葡萄糖、激素、胺基酸和鈉、鈣等礦物質。白蛋白無法穿透微血管壁，所以在血漿中濃度很高，可用以保留水分，免得水分游離出血管進入組織中。球蛋白含有抗體球蛋白(immunoglobulin)和攜帶血中物質的運輸球蛋白(transport globulin)。纖維蛋白原則是幫助血液凝固的血漿蛋白質。

血型與輸血

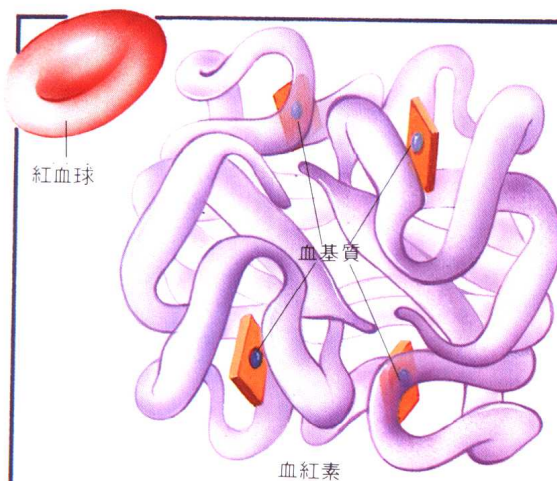
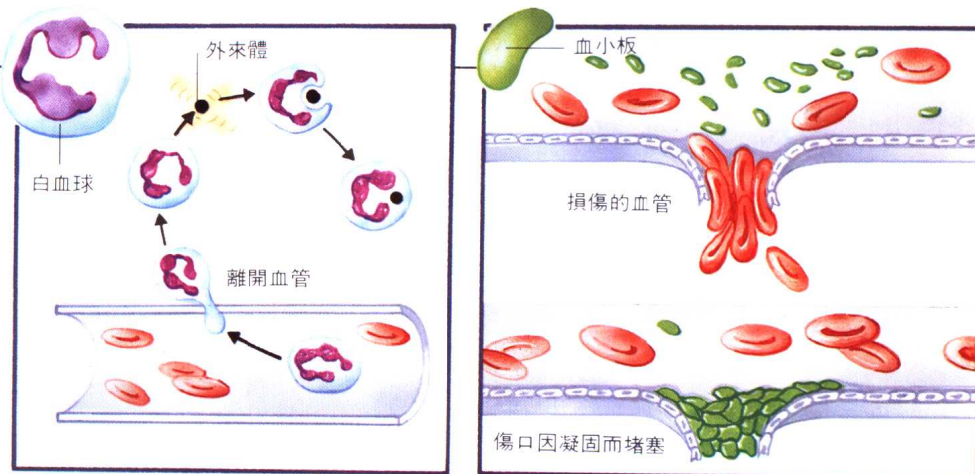
早期做人對人的輸血，常常不會成功。直到二十世紀初，奧地利裔的美國病理學家藍士台納(Karl Landsteiner)把血液分成四種形式：A型、B型、AB型及O型後，情況才有所改善。這樣的分類是依血漿和紅血球上特化蛋白質——凝集素(agglutinin)和凝集原(agglutigen)來



劃分的。藍士台納發現，來自不同血型之蛋白質混合後，常會在受血者的血液中發現紅血球凝集的現象。

目前，血液要存入血庫前，需加入抗凝血劑(anticoagulant)，這樣便可保存很久。血液也常分離成許多部分，使各部分能達到最大的利用價值。貧血的病人只需要紅血球，而不需要血漿。休克和燒傷的病人需要血漿，不需要紅血球。有些人則需要血小板，於是可以把血小板濃縮後，再注入人體中。血友病(hemophilia)的人就需要一種濃縮狀態的血漿蛋白，這也可以由分離的血液中取得。

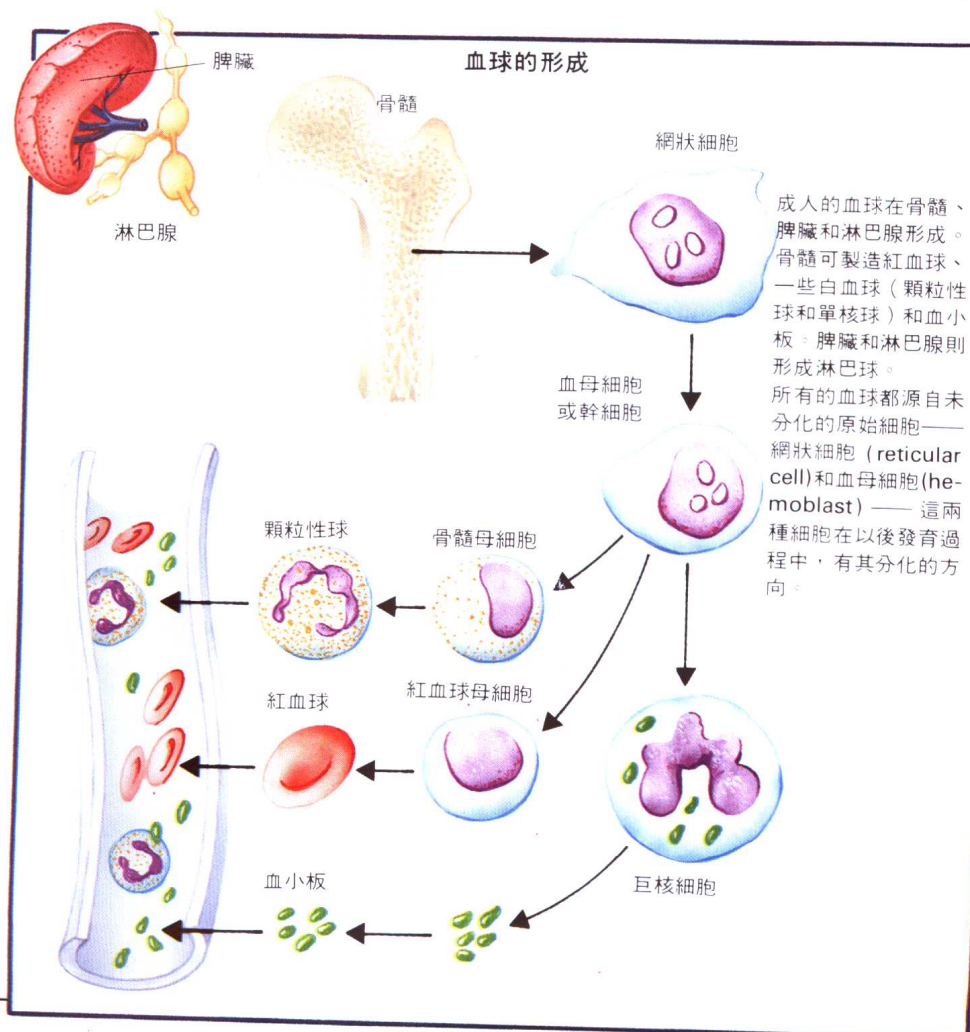
在西元 1980 年代早期，日本的科學家已製出人造血液。這不是一項容易的成就，因為血紅素是一種複雜的蛋白質，它對氧有極高的親和力，而且在組織間又極容易解離出氧來。人造血液也含有類似血紅素功能的化學物質，所以我們也許很快可以看到血庫和輸血所引起副作用的情形獲得解決。



血中最的小球體——紅血球，因含有血紅素而呈紅色。圖示血紅素構造，是由血球蛋白(globin)的多肽(polypeptide)和四個相同單元的血基質(heme)所共同組成的。血基質有暫時定住氧的能力，當它隨血液流到組織間時，則會將氧氣釋放出來。同理，血基質也可定住來自體組織的二氧化碳，到肺部再排出。

血液可視為身體的一種組織，是由血漿和特化的血球所組成。這些血球包括有：紅血球、血小板和不同種類的白血球。圖示在血管中循環的血球。

白血球(最上面，左圖)包圍和消滅外來物，來防禦身體。血小板(最上面，右圖)利用凝結來修補血管傷口，並阻止血液流失。紅血球攜帶氧氣循環全身，且去除廢物、二氧化碳。



血壓 Blood Pressure

當看到受傷的動脈以驚人的力量噴出血液後，我們知道血液是存在某一壓力系統中。但直到西元 1856 年，醫生們才開始測量血中的壓力，首先是用一種可怕的裝置將一管子插入動脈中，如此血液就會流入裝置中以測得其壓力。幸運地，一種較人道的測量血壓的方法很快就問世了，那就是腕環血壓計的發明，這裝置一直沿用至今。

血壓是由血液產生對抗血管壁的力量。當大部分人們提到血壓時，指的是動脈壓，即是血液作用於動脈壁的力量。而所謂「動脈」(artery)即是由心臟攜帶充氧血到全身的血管。心臟每跳動一次，就會把血液壓入動脈中，而因動脈是有彈性的，所以動脈會擴張。當動脈擴張時所達到的血壓，是動脈壓中最高的，稱作收縮壓(systole pressure)，收縮壓可以很容易地由腕部脈搏得知。在兩心跳之間，動脈會自然反彈成原狀，此時壓力稱舒張壓(diastole)，乃是動脈壓的最低值。

血壓的測量

腕環壓力計有一可充氣的橡皮腕環，此環接在類似溫度計的水銀計上，或是接在似鐘面的數字顯示器上。腕環纏繞在手臂上，經充氣後，橡皮製的腕環會壓迫手臂中的動脈使其閉合，造成血流停止。而後再慢慢放氣，當腕環壓力正好比動脈壓低時，血流便開始恢復；此時水銀柱上顯示出來的壓力為收縮壓。再繼續放氣，當腕環內的壓力不再阻撓血流的暢通時，此壓力為舒張壓。我們得到的這兩個壓力，一定是收縮壓大於舒張壓。此二動脈壓，醫生常利用來看病人循環系統(circulatory system)是否正常。

用以測血壓的位置主要是在動脈，但是，動脈內的壓力並不是身體各部分完全相同的。小動脈、靜脈、小靜脈和微血管，會因荷爾蒙、神經系統的訊息和壓力的改變而有擴張與收縮的能力，這樣就會產生各種獨特的壓力。這些壓力的變化對醫生非常重要。但是要判斷病患循環系統運血的效率，還是以動脈壓為優先考慮。

正常狀況下，健康人的收縮壓為 120，舒張壓為 80(120/80)；但是對任何一個人而言，並沒有所謂正常標準的血壓。因為年齡、性別、體重、身高與身體活動狀況，都會影響血壓的高低。而且一個人當

由心臟幫浦(pumping of heart)產生有規律性的壓力，把血液壓向全身。血壓的最高值是在主動脈中，主動脈是心室收縮後，血液進入的第一條血管。血壓的大小會因人而異；當心室收縮時，正常血壓為 120mmHg；當心室鬆弛時，其血壓為 80mmHg(舒張壓)。當血液流經循環系統時，會由動脈經微血管而流入靜脈，其血壓也會逐漸下降，最後再進入心臟內(此時內壓力幾乎為 0)。圖表示血壓遞減之情形。收縮壓與舒張壓之差別為脈搏壓(pulse pressure)。

肌肉和彈性纖維

內皮細胞

外鞘

靜脈構造

微血管

時在做什麼，想什麼，甚至於當時的感覺，都會影響血壓。所以要斷定是高血壓或低血壓時，至少要測三次血壓後，方可下診斷。

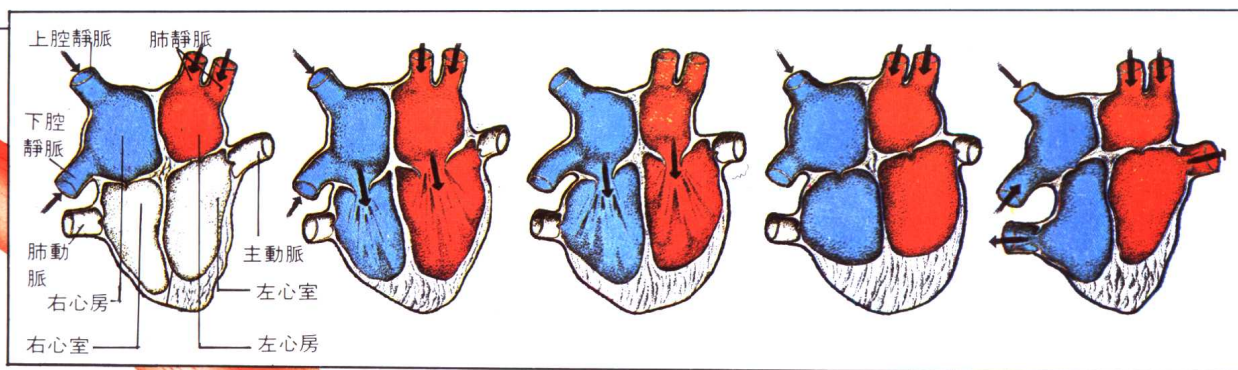
低血壓和高血壓

血壓低的情形常見於年輕人，但只要在某範圍內，這樣的情形不能視為不正常或危及生命。職業運動員通常會有血壓很低的現象，但這對他們而言，不能視為不健康。然而血壓異常的低稱作低血壓症(hypotension)則是危險的。血壓異常的高則稱作高血壓症(hypertension)，是會危及生命的，因為它常造成很嚴重的身體功能障礙。

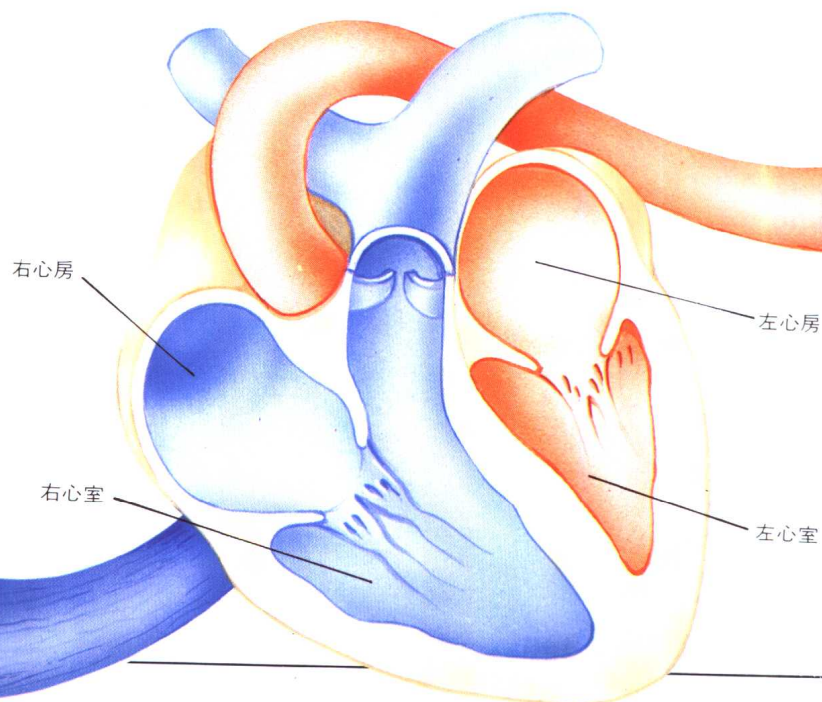
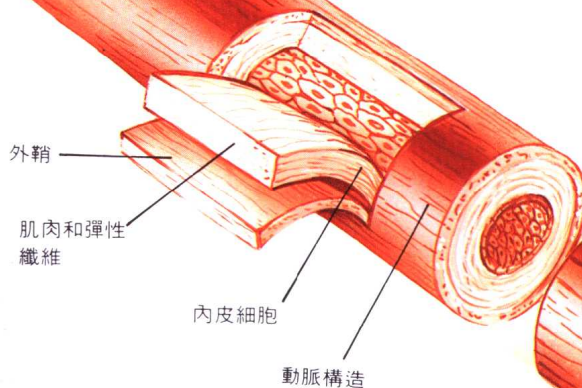
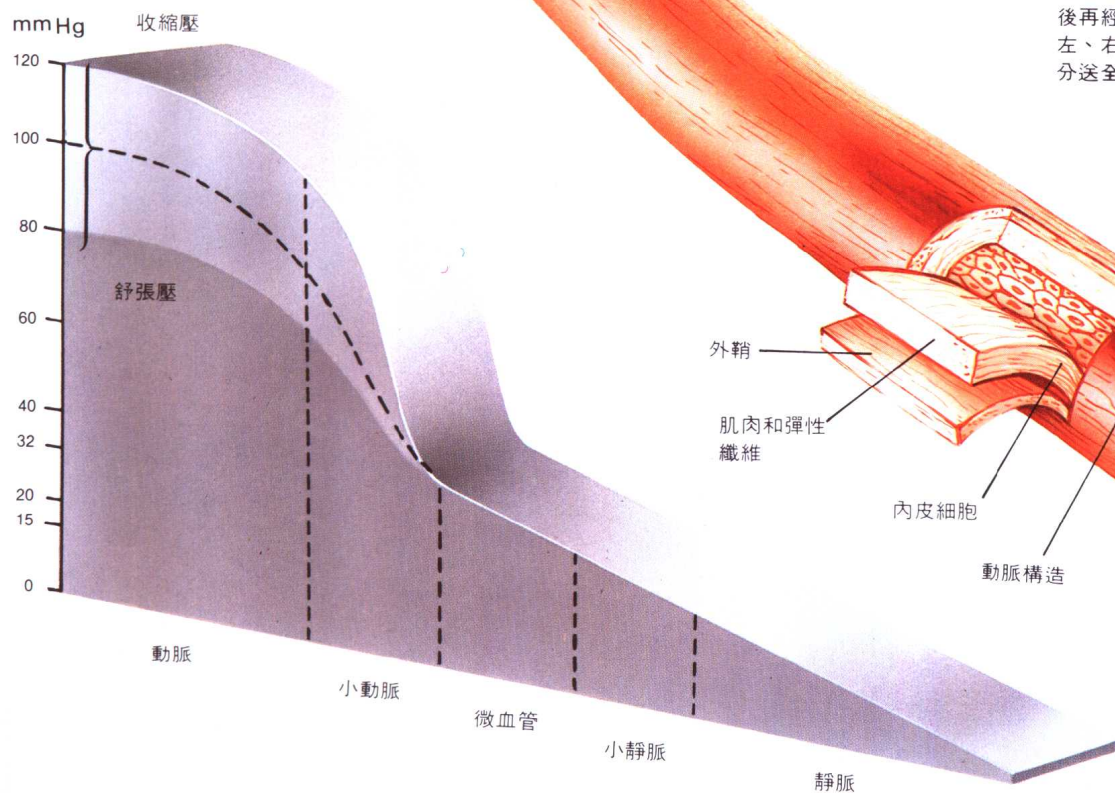
高血壓是指慢性舒張壓升高的情形；更

令人驚訝的是，除了很嚴重的高血壓外，高血壓是沒有任何症狀的，所以它被稱為寂靜殺手。因為升高的血壓會緩慢地對心臟、大腦和腎臟等重要器官做直接的破壞，而病人却一點感覺都沒有，所以高血壓對醫生與病人都是一個頭痛的問題。有少數的高血壓，其血壓高到足以造成立即的傷害，此稱惡性高血壓症，會有頭後部嚴重頭痛的情形出現。

一旦診斷為高血壓症後，可用很多方法來降低其血壓，如減肥，吃低鹽的食物，加強運動和使用利尿劑等藥物。降低高血壓可以明顯減少中風或心臟病突發的機會。



上：由左到右表心臟幫浦的一循環。要壓出去的血流，是由靜脈帶來且進入左右心房的血液。而後再經過只允許一方流通的瓣膜，進入左右心室。左、右心室規律性的收縮所產生的壓力，把血液分送全身。



行星 Planet

自古以來，人類對於宇宙中尚有其他生命的希望，就一直抱著樂觀的看法，人類相信地球上生命並不是唯一的。如果地球上的環境狀態適於生命的出現和發展，則在宇宙中一定也有和地球同樣環境的地方——無數的星星和存在的行星都是希望所在。早期人類認為宇宙中的某處必定有神的存在，現在則將尋找生命的希望放在別的行星上。

所謂行星即是環繞著恒星運行的天體，如九大行星環繞太陽即是。在十六世紀以前，人們都是以地球為宇宙中心，太陽、月球、水星、金星、火星、木星和土星則繞著地球運行。直到哥白尼時，才糾正這種錯誤的觀念。今日我們已經知道，地球只是太陽的一顆行星，而宇宙中有數以兆計顆類似太陽的恒星，因此地球並不是宇宙的中心。

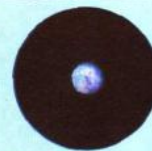
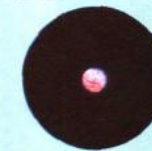
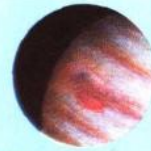
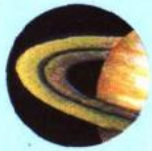
運行的行星

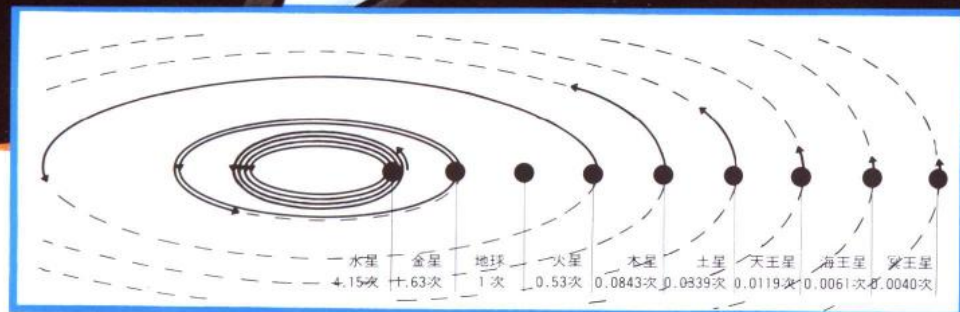
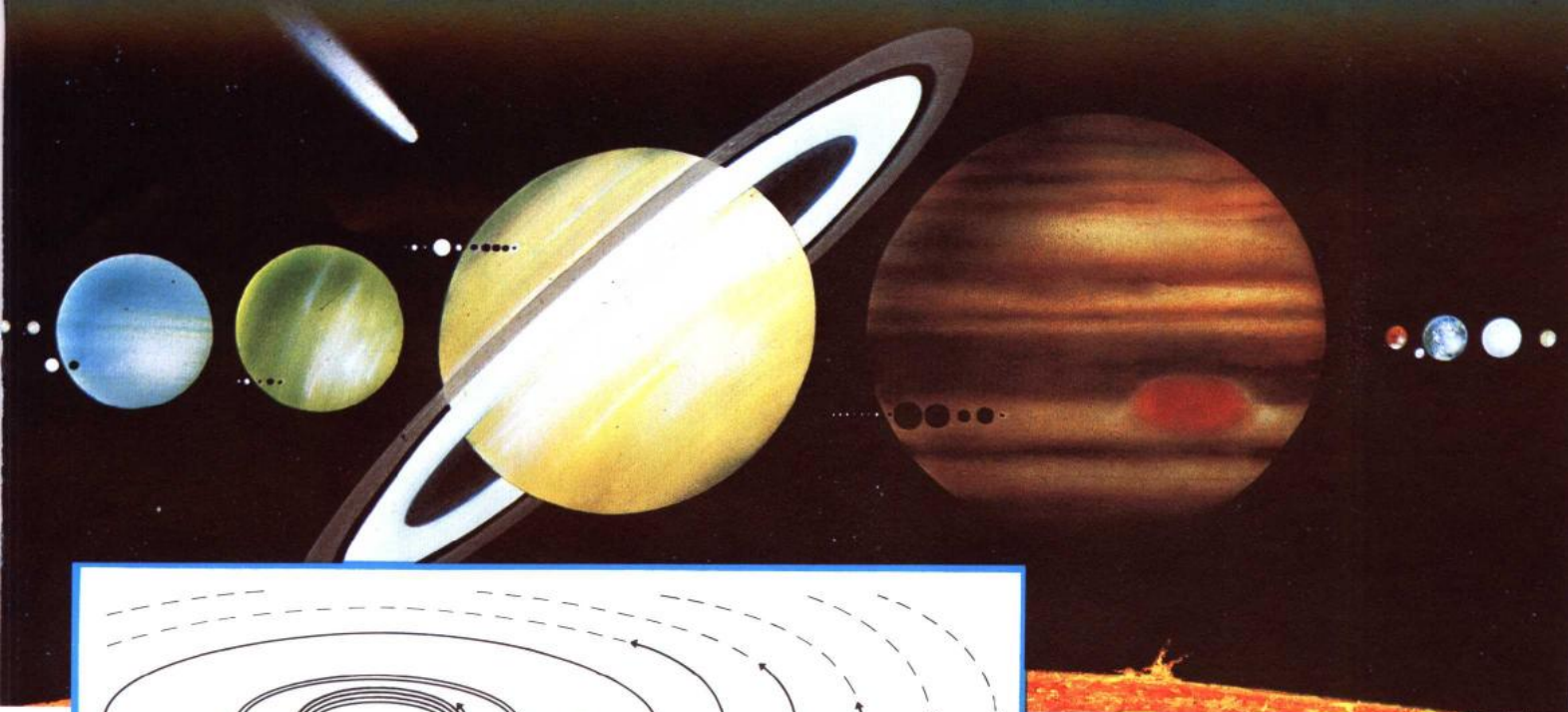
從地球上看來，行星都非常亮，而且通常不會有閃爍的情形。如果連續地觀測一段日子，則可以看出行星相對於夜空中的星星在運動(行星的英文出自希臘文，原來的意思是徘徊者，中國人則稱之為「行星」)。使用望遠鏡觀測，則行星可以放大成一個小圓盤，而一般的恒星即使用世界上最大的望遠鏡來觀看，也只是一個點而已。九大行星依離太陽的遠近，由內到外分別是：水星(Mercury)，金星(Venus)，地球(Earth)，火星(Mars)，木星(Jupiter)，土星(Saturn)，天王星(Uranus，於西元1781年發現)，海王星(Neptune，於西元1846年發現)，冥王星(Pluto，於西元1930年發現)。有些人認為還有第十顆行星的存在，但是仍未獲得證實，至於其他的恒星是否也有行星，

到現在為止還沒有觀測上的發現。

九大行星

太陽系的行星依大小分成兩類：第一類體積較小，密度較大，且具有堅硬的地殼表面，稱之為地球型行星。包括水星、金星、地球、火星和冥王星，除了冥王星外，都是離太陽較近的行星。水星離太陽最近，距太陽大約6千萬公里，表面溫度高達攝氏960度。其次是金星，直徑有12500公里，和地球差不多大小，表面的溫度也有攝氏425度。地球是充滿生命、美麗的綠色行星。離地球最近的行星是火星，它的直徑只有地球的一半，具有稀薄的大氣層，表面有一些錯綜交叉的痕跡，古人以為是「運河」。第二類是木星型行星或稱大型行星，包括木星、土星，天王星和海王星。它們的表面都是氣體狀，沒有

水星	金星	地球	火星	木星	土星
					
離太陽最遠距離 6,970萬公里	離太陽最遠距離 1億900萬公里	離太陽最遠距離 1億5210萬公里	離太陽最遠距離 2億4910萬公里	離太陽最遠距離 8億1560萬公里	離太陽最遠距離 15億700萬公里
離太陽最近距離 4,590萬公里	離太陽最近距離 1億740萬公里	離太陽最近距離 1億4710萬公里	離太陽最近距離 2億670萬公里	離太陽最近距離 7億4090萬公里	離太陽最近距離 13億4700萬公里
離太陽平均距離 5,790萬公里	離太陽平均距離 1億820萬公里	離太陽平均距離 1億4960萬公里	離太陽平均距離 2億2790萬公里	離太陽平均距離 7億7830萬公里	離太陽平均距離 14億2700萬公里
赤道附近直徑 4,880公里	赤道附近直徑 12104公里	赤道附近直徑 12756公里	赤道附近直徑 6787公里	赤道附近直徑 142800公里	赤道附近直徑 120000公里
衛星個數 0	衛星個數 0	衛星個數 1	衛星個數 2	衛星個數 16	衛星個數 17
表面重力(地球=1) 0.37	表面重力(地球=1) 0.88	表面重力 1	表面重力(地球=1) 0.38	表面重力(地球=1) 2.64	表面重力(地球=1) 1.15
公轉週期 88天	公轉週期 224.7天	公轉週期 365.26天	公轉週期 687天	公轉週期 11.86年	公轉週期 29.46年
自轉週期 59天	自轉週期 243天	自轉週期 23小時56分4秒	自轉週期 24小時37分23秒	自轉週期 9小時50分30秒	自轉週期 10小時14分
軌道面傾斜度 7°	軌道面傾斜度 3.4°	軌道面傾斜度 0°	軌道面傾斜度 1.9°	軌道面傾斜度 1.3°	軌道面傾斜度 2.5°
大氣層中主要成分 無	大氣層中主要成分 二氧化碳	大氣層中主要成分 氮，氧	大氣層中主要成分 二氧化碳，氮	大氣層中主要成分 氫，氫	大氣層中主要成分 氫，氫
表面平均溫度 日350℃，夜-170℃	表面平均溫度 雲層33℃，地面480℃	表面平均溫度 22℃	表面平均溫度 -23℃	表面平均溫度 -150℃	表面平均溫度 -180℃
大氣壓力 10 ⁻³ 毫巴	大氣壓力 90000毫巴	大氣壓力 1000毫巴	大氣壓力 6毫巴	大氣壓力 ?	大氣壓力 ?
質量(地球=1) 0.055	質量(地球=1) 0.88	質量 1	質量(地球=1) 0.108	質量(地球=1) 317.9	質量(地球=1) 95.2
體積(地球=1) 0.06	體積(地球=1) 0.88	體積 1	體積(地球=1) 0.15	體積(地球=1) 1316	體積(地球=1) 755
密度(水=1) 5.4	密度(水=1) 5.2	密度(水=1) 5.5	密度(水=1) 3.9	密度(水=1) 1.3	密度(水=1) 0.7
自轉軸傾斜度 28°	自轉軸傾斜度 3°	自轉軸傾斜度 23°27'	自轉軸傾斜度 23°59'	自轉軸傾斜度 3°05'	自轉軸傾斜度 26°44'
公轉速度 47.9公里/秒	公轉速度 35公里/秒	公轉速度 29.8公里/秒	公轉速度 24.1公里/秒	公轉速度 13.1公里/秒	公轉速度 9.6公里/秒
自表面上所看到太陽的大小 1°22'40"	自表面上所看到太陽的大小 44'15"	自表面上所看到太陽的大小 31'59"	自表面上所看到太陽的大小 21'	自表面上所看到太陽的大小 6'00"	自表面上所看到太陽的大小 3'22"



上：太陽系中各行星及其衛星大小圖。有些衛星比水星還要大。在底部可以看到一部分的太陽表面。左下是當地球公轉一次時，其他各行星公轉的次數。

左：太陽系中諸行星的性質一覽表。

堅硬的地殼，溫度都很低。木星的質量是地球的 317.8 倍，直徑約為 14 萬 2000 公里，相較之下地球的直徑只有 12756 公里。離太陽最遠的行星是冥王星，它的大小和金星差不多，軌道的離心率很大，平均起來距離太陽約為 59 億公里。

行星上的時間

所有行星的軌道都是橢圓形的，而非正圓形。每一個行星都有它自己的日和年，所謂一日就是行星依自轉軸自轉一周所需的時間，一年是公轉一周的時間。如果一個溜冰者繞著溜冰場旋轉，自己旋轉一圈就是自轉，繞著溜冰場巡迴一周就是公轉。水星的公轉時間等於自轉的時間，即一個水星日等於一個水星年。而且這引起了一種奇特的現象，就是水星永遠以同一邊對著太陽，另一邊永遠處在黑暗中。

人類所踏上第一個非地球的天體是月球，近年來美國和蘇俄已經發射過各種的無人太空船到過水星、金星、火星、木星和土星。而美國的航海家二號太空船 (Voyager II)，此刻仍在它的探險途中，預計在西元 1986 年會經過天王星，到了西元 1989 年會到達海王星附近。這些太空探險計畫，可以幫助人類對於其他行星有更深一層的了解。

天王星	海王星	冥王星
離太陽最遠距離 30億400萬公里	離太陽最遠距離 45億3700萬公里	離太陽最遠距離 73億7500萬公里
離太陽最近距離 27億3500萬公里	離太陽最近距離 44億5600萬公里	離太陽最近距離 44億2500萬公里
離太陽平均距離 28億6960萬公里	離太陽平均距離 44億9660萬公里	離太陽平均距離 59億公里
赤道附近直徑 51800公里	赤道附近直徑 49500公里	赤道附近直徑 6000公里
衛星個數 5	衛星個數 2	衛星個數 1
表面重力(地球=1) 1.17	表面重力(地球=1) 1.18	表面重力(地球=1) ?
公轉週期 84.01年	公轉週期 164.8年	公轉週期 247.7年
自轉週期 11小時(反向自轉)	自轉週期 16小時	自轉週期 6日9小時
軌道面傾斜度 0.8°	軌道面傾斜度 1.8°	軌道面傾斜度 17.2°
大氣層中主要成分 氫、氦、甲烷	大氣層中主要成分 氫、氦、甲烷	大氣層中主要成分 ?
表面平均溫度 -210°C	表面平均溫度 -220°C	表面平均溫度 -230°C
大氣壓力 ?	大氣壓力 ?	大氣壓力 ?
質量(地球=1) 14.6	質量(地球=1) 17.2	質量(地球=1) 0.1?
體積(地球=1) 67	體積(地球=1) 57	體積(地球=1) 0.1?
密度(水=1) 1.2	密度(水=1) ?	密度(水=1) ?
自轉軸傾斜度 82°5'	自轉軸傾斜度 28°48'	自轉軸傾斜度 ?
公轉速度 6.8公里/秒	公轉速度 5.4公里/秒	公轉速度 4.7公里/秒
自表面上所看到太陽的大小 1'41"	自表面上所看到太陽的大小 1'04"	自表面上所看到太陽的大小 49"

行星間航行 Interplanetary Navigation

目前人造的太空船，已經能夠到達太陽系中的任一行星或衛星上。像這般的旅行稱為行星間航行，或是太空航行。一般輪船的航行或是飛機的飛行，都只是在海面上或大氣層中，而行星間航行，不僅是在三度空間的太空裏航行，同時也要考慮到各行星間的重力效應。

太空船和輪船飛機不一樣，它是利用火箭來推動，同時因為載重的關係，這個動力是有限的。太空船本身的航道都是事先固定好，當最初的推進火箭燃燒完了之後，太空船就像子彈一般，利用慣性朝目標前進。同時也沒有動力供它做大幅度的改變航道。

行星間旅行的計畫

負責行星間航行的科學家了解，當太空船的火箭用完時，能夠影響航行的只有慣性或者是重力效應，而這重力的來源可能是地球、太陽、行星或是衛星。

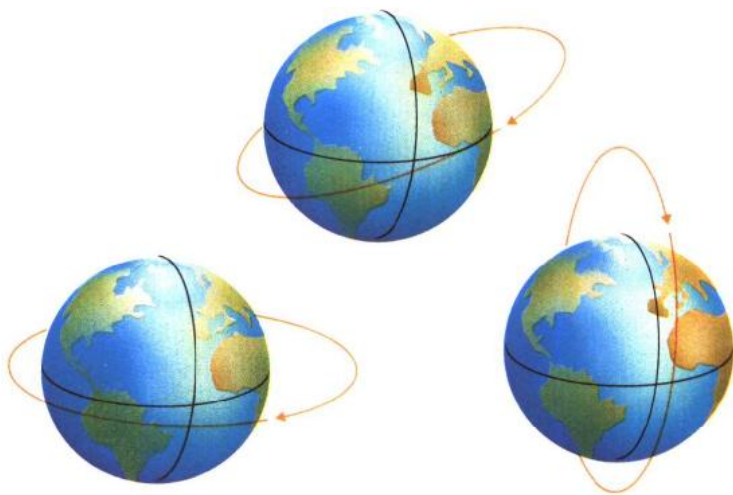
當太空船離開地球後，地球的重力效應愈來愈小，太陽的重力就顯得愈來愈重要，如果在航行當中，經過某一行星的附近，則這個行星的重力，會大大地影響到太空船的航行，當太空船逐漸接近目的地行星，這個行星的重力就引導太空船前進。因此在整個航程中，太空船不斷地受到不同來源的重力影響。

更複雜的是，這些重力來源並不是固定不動。因此，要計畫行星間航行，首先必須精確地知道太陽系中所有天體的運行軌道，然後計算出太空船受到這些天體的重力影響程度，會產生什麼樣的軌道，可能是拋物線，雙曲線，橢圓或是圓（其實圓也是橢圓的一種），而這些問題，以今日的知識都可以準確地計算出來。

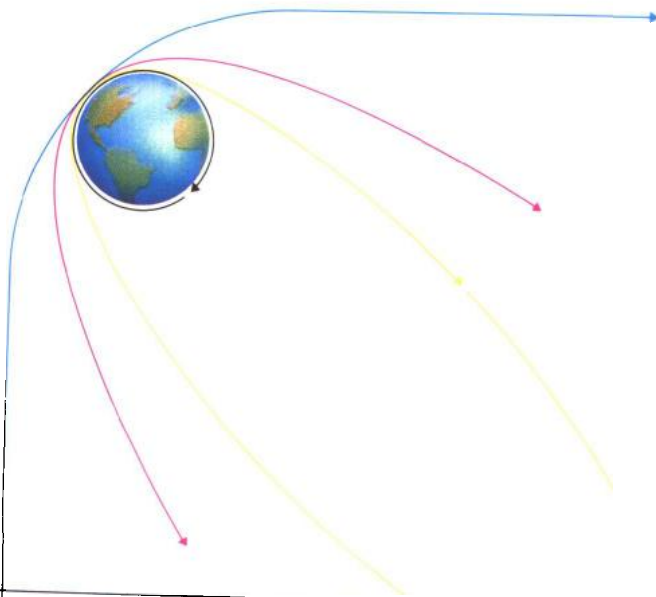
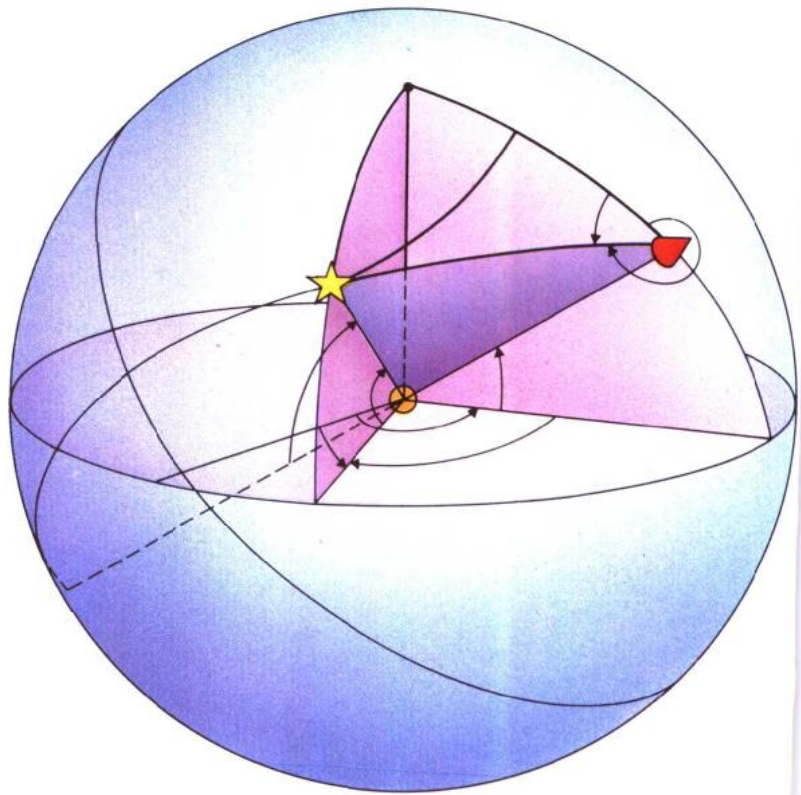
航行裝備

雖然經過詳細的計畫，航行中還是可能碰到各種突發的變因，例如太陽風就是其中之一。太陽風是由太陽所噴出大量的帶電粒子，它隨時會影響到太空船的航行，因此在船上必須有某些裝備，能計算出航行時的速度和方向，並加以修正。

這些裝備包括由光電管等儀器所組成的太陽偵測器（Sun sensor）和恒星偵測器（star sensor），太陽偵測器隨時都對準太陽的方向，恒星偵測器也是對準着某一顆恒星，整組的儀器可以量出船上太陽和恒星間的角距離，這些資料輸入船上的電



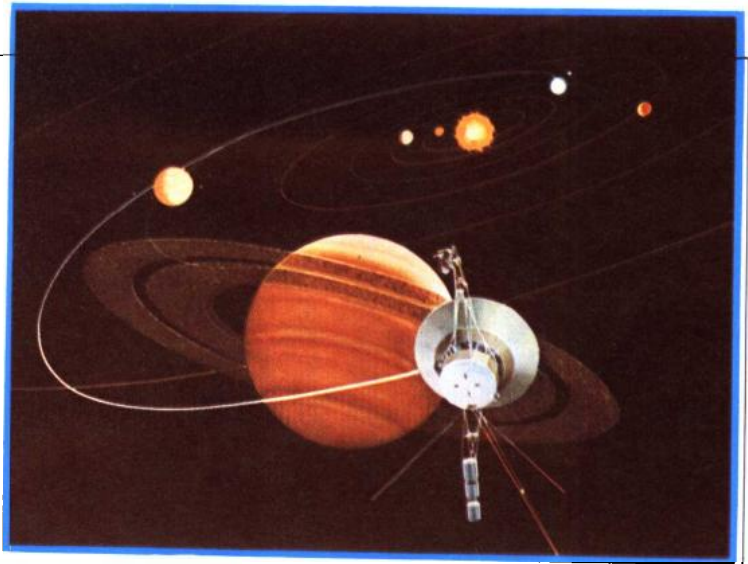
右：行星間航行需要準確地計算出太空船、太陽及某一顆恒星（通常是老人星）間的角度，這些資料再加上接收到的無線電波，是航行中的重要依據。



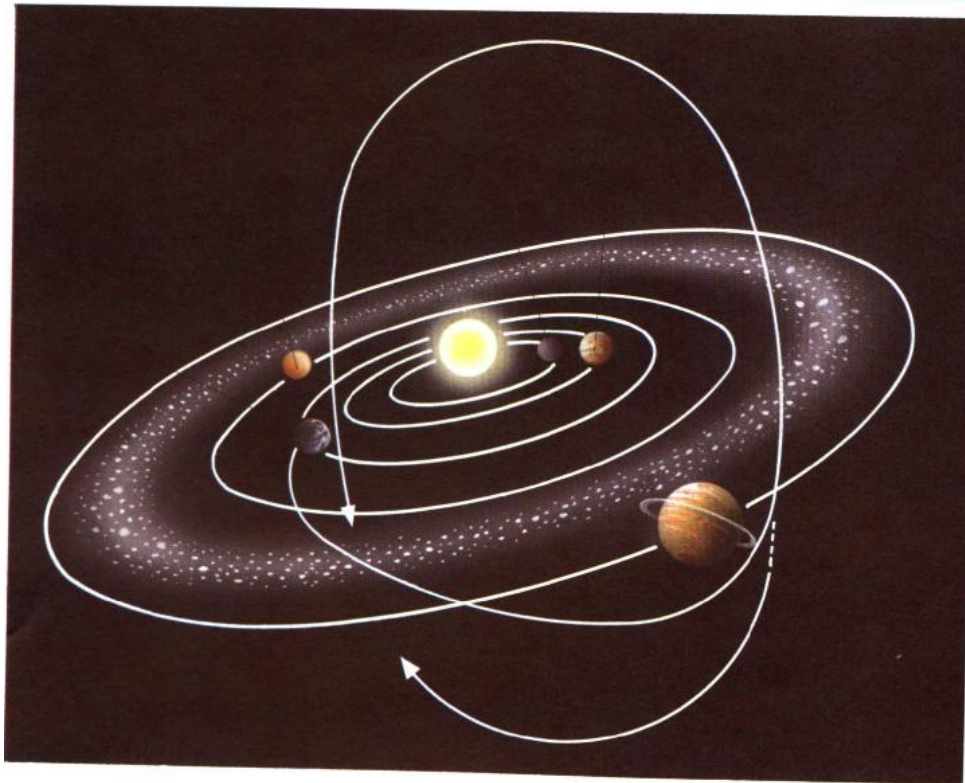
左：衛星的軌道有幾種不同的形式，例如橢圓、雙曲線、拋物線等。軌道的形式主要是由衛星的脫離速度來決定。

左：人造衛星環繞地球有幾類，是依軌道面和地球赤道面的傾斜度來決定。如軌道面和赤道面一致則稱為赤道型軌道；軌道面通過兩極稱為極型軌道；而介於這兩者之間則稱為中間型軌道。

右：先鋒十號的航線想像圖。



左：人類曾經計畫過要發射人造衛星以極型軌道環繞太陽。



腦，而電腦原本就有太空船距太陽的距離，因此綜合這些，就知道太空船在太空中的位置。

如果電腦再分析從地球傳來的無線電波訊號，將可以定出非常準確的位置所在。

另外還有一些裝備，能測出航行時的速度和方向，這是一組慣性導向系統，包括三個迴旋儀，分別配合空間中的三個方向，即上下、前後和左右。這三個迴旋儀可測出航行方向的變化。同時還有一個加速儀，可以測出太空船的加速或減速大小。這些資料輸入電腦，就得到航行中的速度和方向。

此外也可以從地球上發射出無線電波，當太空船接收到這訊號時，電波的頻率和太空船速度有關，即會產生都卜勒效應 (Doppler effect)，這時電腦分析這些訊號，就計算出太空船的確實速度。日常生活中也有這種都卜勒效應，例如當一列火車迎面而來時，它的汽笛聲會變得較為尖銳 (頻率變高)，當火車離去時，笛聲就變得較低沈，而且火車速度愈快時，改變得愈顯著，運用同樣的道理在無線電波上，就決定出太空船的速度。這種方法可以準確到千萬分之一。

當船上的電腦有了這些資料——位置、

速度和方向，就掌握了整個航行的一切。

如果太空船的軌道如預先計畫一般，則不需做任何航行上的修正，但是萬一航向有了偏差，電腦將可隨時做修正，使太空船回到正確的軌道上。

參閱第一冊 224 ~ 231 頁太空航行學 (Astronautics)。

行為學 Ethology

西元 1974 年，當勞倫茲 (Konrad Lorenz)、丁伯根 (Niko Tinbergen) 和佛里西 (Karl von Frisch) 三人因生理學和醫學方面的傑出貢獻，得到諾貝爾獎時，許多人都感到驚訝。動物行為學是一門年輕的知識，約只有 50 多年的歷史，在現今所有的科學領域中，確係一門新興的學問，而其未來的發展，雖非正統性，但却令人難以抗拒。勞倫茲曾說，動物行為學有生物學當其母親，達爾文當其父親。在「物競天擇」的演化理論中，達爾文認為動物會注意牠們的做事方式，因為這樣可以幫助動物的生存。動物行為學家則認為動

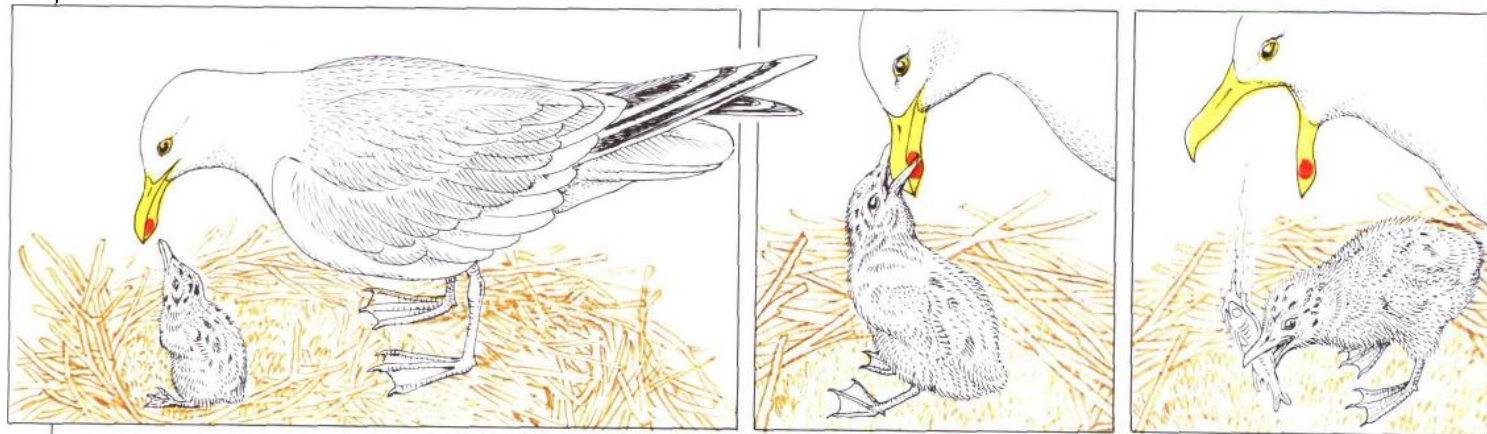
動物經過不斷嘗試錯誤所學習而來的行為)。

先天的行為

動物的基本任務是生存和繁衍後代，因此，求偶行為和育幼行為一直是行為學家所關心的重點。研究環鴿 (ring dove) 的科學家發現，雌雄兩性的環鴿必須等到牠們一起將巢築好之後，才會交配生殖；甚至當研究者為一對雌雄環鴿提供一個已築好的巢時，雌鳥仍不會接受雄鳥的要求，必須等到兩鳥共同整修這個巢後，才會交配生殖。顯然雌鳥會決定什麼時候交配，

這個原因是因為母鳥需要公鳥的刺激，來活化牠的內分泌腺，以便進行排卵。當鳥類不處於生殖期時，牠們的生殖器官會萎縮，如此可降低體重，有助於鳥類的飛行。對雄鳥而言，體內性激素量受到外界光週期的影響；當白天的時間增長時，激素的量亦增高，刺激生殖器官 (睪丸) 增大，進而促成雄鳥的求偶行為。母鳥在開始一起和雄鳥築巢之前，必須先接受 10 小時以上的求偶行為，才會排卵。

科學家觀察灰腳雁，發現母雁在孵蛋之時，會將蛋滾動，使蛋的四周都能得到牠的熱量，有時蛋會滾出巢外，這時牠會把

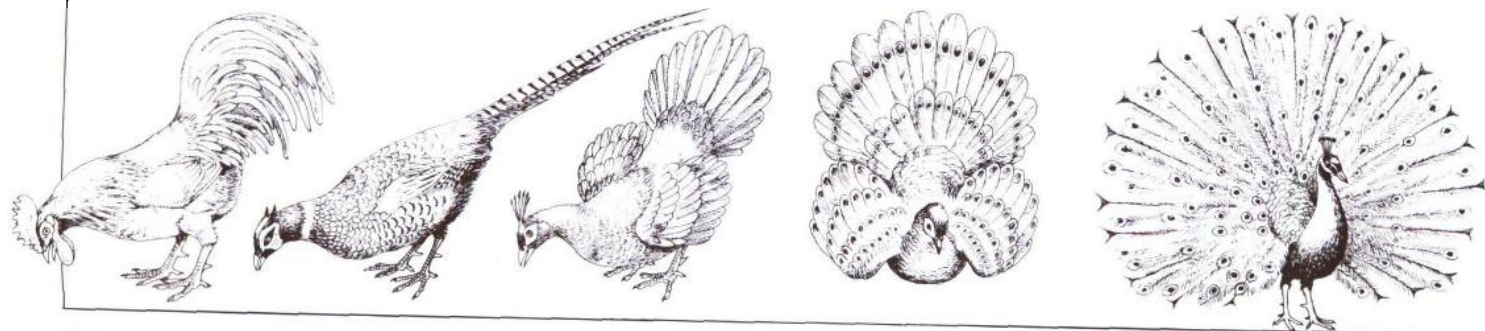


物的所做所為 (行為)，也可以幫助牠們適應周遭的環境。所以，一隻公鴨追求或攻擊母鴨的方式，由任何一點來看，和牠們腳上有蹼可以划水一樣，都是一種適應。

一個動物行為學家的時間，大多花在觀察他所研究的一隻或一羣動物 (如成對的鳥類或成羣的猴子等)，他們常在動物所棲息的自然環境之下進行觀察，並且記錄動物的各種行為；有時他們也會捕捉動物，並與其原始的生活環境隔絕，進行喪失實驗 (deprivation experiment)。行為學家所研究的基本行為有三種，分別是先天的行為 (即不經學習階段，動物就能表現的行為)；動物雖有能力，但必須經過練習方可表現的行為；以及習得的行為 (



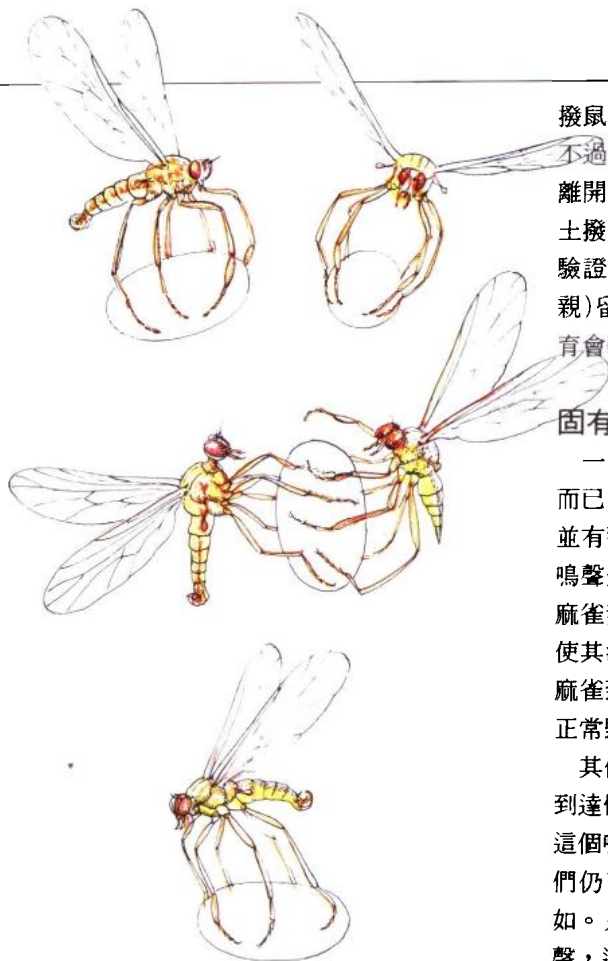
本能行為是動物體對於某些刺激所作的有組織的反應，例如剛出生的幼鳥有許多方式，可以發出飢餓的信號。上：剛出生不久的海鷗重複啄向母鳥嘴部的紅點，促使母鳥將食物反芻出來。在另一些情況下，幼雛喉部和口部的色彩具有提醒母鳥餵食的功能。



蛋找回來。在一個實驗中，研究者利用不同顏色、外型 and 尺寸的假蛋和真蛋擺在巢內或靠近巢邊，母雁總是會照顧最大的蛋，當然這些一定都是假蛋。若兩個蛋放置於巢外，即使假蛋比真蛋大很多，而且也因太重而很難移動，母雁仍會試著將比較大的蛋先找回來。科學家稱這種假蛋是一種超正常的刺激，意思是說任何對牠的蛋造成威脅的事件，譬如蛋滑出巢外，都是嚴重的，這種事件會刺激母雁去將蛋找回來，而特大號的蛋所給她的訊號，要比一般正常的蛋強得多。

布魯斯效應(Bruce effect)是另一種重要的交配行為例子，發生在許多老鼠身上。這些老鼠有很強的領域性，雄鼠負責保護勢力範圍，區域內有許多雌鼠接受保護，若有另一隻雄鼠侵入這個領域圈，即代表這隻擁有勢力範圍的雄鼠失敗了，雌鼠感到威脅，當牠們感到這隻新雄鼠的氣味時，若有懷孕，會因而流產，但馬上又進入生殖期，如此即可和新的主人交配。

考古學家和歷史學家發現大多數的人類社會之中，有近親相姦的禁忌(incest taboo)；他們認為這種禁忌是屬於文化習俗，合乎人情。從遺傳學的觀點來說，近親交配會降低各種生物的遺傳活力，在許多動物的社會中也有這種禁忌。譬如，土



求偶和交配行為包括一連串的动作，具有引起對方的注意並使之興奮的功能。

上：雌球蠅(*Hilara*)接受一顆來自雄蠅的絲球，做為結婚的禮物。前頁下：為各種雄鳥的交配姿勢。

撥鼠營羣居生活，整個家族生活在一起，不過父親會在牠的女兒正要進入成熟期時離開，而那些剛離開其母親和姊妹的年輕土撥鼠，會彼此競爭和這批雌鼠交配。實驗證實當研究者強迫族中的雄土撥鼠(父親)留在巢中或附近時，則其女兒的性發育會較為延緩。

固有的能力與練習的行為

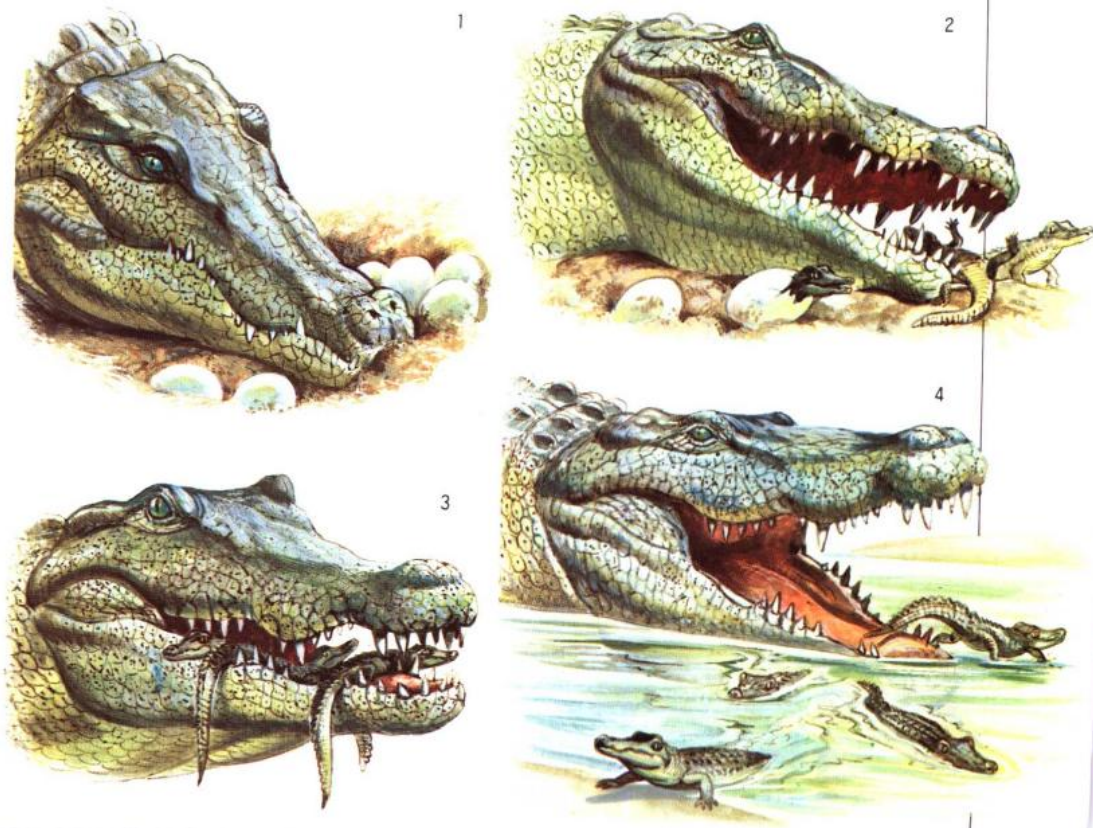
一隻鳥的鳴唱，並不只是為了消磨時間而已，而是用以吸引配偶，建立領域性，並有警告對手的功能。對某些種類而言，鳴聲是出自本能，實驗證實將剛出生的小麻雀養在實驗室內，並破壞其聽覺器官，使其沒機會聽到任何麻雀的鳴聲，當這些麻雀到達性成熟期時，仍能鳴唱，如同在正常野外一樣。

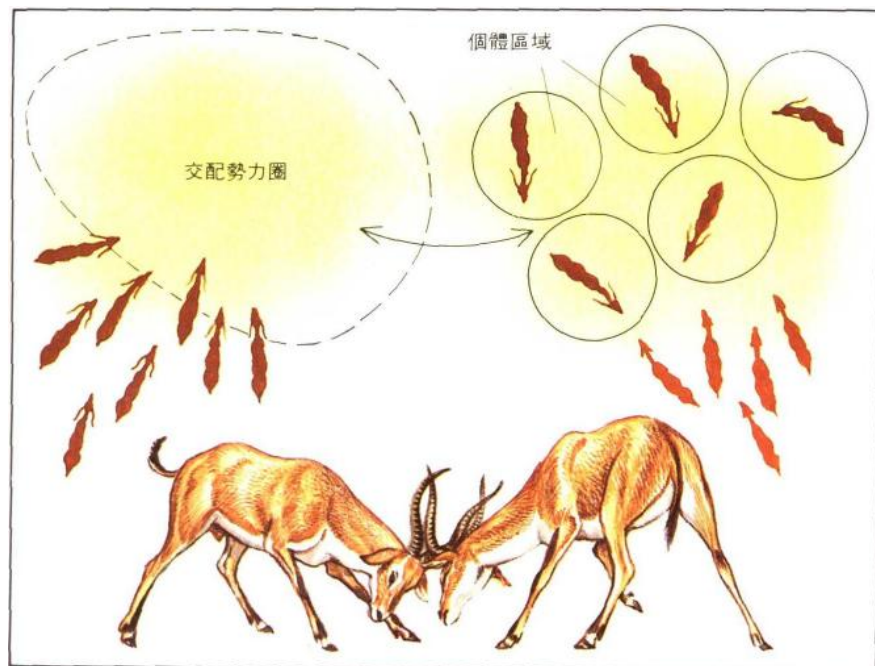
其他種類的鳥要能鳴唱正確，則必須在到達性成熟之前，聽到成鳥的鳴聲，只要這個鳴聲記憶在腦中，即使將鳥弄聾，牠們仍可在沒有練習的情形之下，鳴唱自如。另有一些種類則必須聽到自己的鳴聲，逐次練習，才能有正確的鳴聲。對行為學家而言，這是一個非常有趣的現象，因為鳥類的腦是唯一具有在功能上不對稱的非靈長類動物，而且就像人類語言的能力是來自腦部的左邊一樣。在鳥類之中，



右：雌鱷魚(1)除去遮蓋在蛋上的污泥；(2)將剛孵出的小鱷魚放在口中；(3)將所有的小鱷魚都放在口中；(4)將小鱷魚放入淺水中，此處即係牠們生長的环境。

上：照片係一種兩生類稱為助產蟾蜍的雄性個體(*Alytes obstetricans*)以牠的雙腿攜帶著許多受精卵。





牠們鳴唱的能力也是由腦的左葉所控制。

習得行為

探索動物學習的方式是動物行為學中非常刺激的一部分，生活在太平洋加拉巴哥羣島的加拉巴哥雀，是利用工具覓食的好手，牠們會小心地選擇一根仙人掌的葉針，用嘴叼住，刺鬆樹皮，以便吃食生活於樹皮中的昆蟲。當針鈍了之後，就會丟棄這針，另找一根新針。當牠們用嘴去抓取昆蟲時，就將針放於腳趾間保管。又如非洲的黑猩猩，也會利用樹枝和樹葉測驗水質，牠們接受長輩的指導，學習一切的

技能，並在嘗試錯誤之中，磨鍊其技能。科學家對於年幼的雀鳥是否有受到指導，仍不清楚，可能是這些幼雀也是經過嘗試之後，才學會這種覓食技術。

另一個令人驚奇的例子發生在日本獼猴上，獼猴(macaque monkey)是以植物性食物為主的動物。研究人員將一個甘薯放於猴羣旁，羣中的一隻成熟母猴，先將這塊甘薯洗去泥沙，再嚐嚐看，以決定是否可吃，牠的幼子也會學習這種方法，並將這行為教導玩伴們；而這羣小猴也會將這行為，傳給牠們的母親或父親。研究者再將一把米飯灑在沙上，這隻母猴仍會利用

恐嚇姿勢



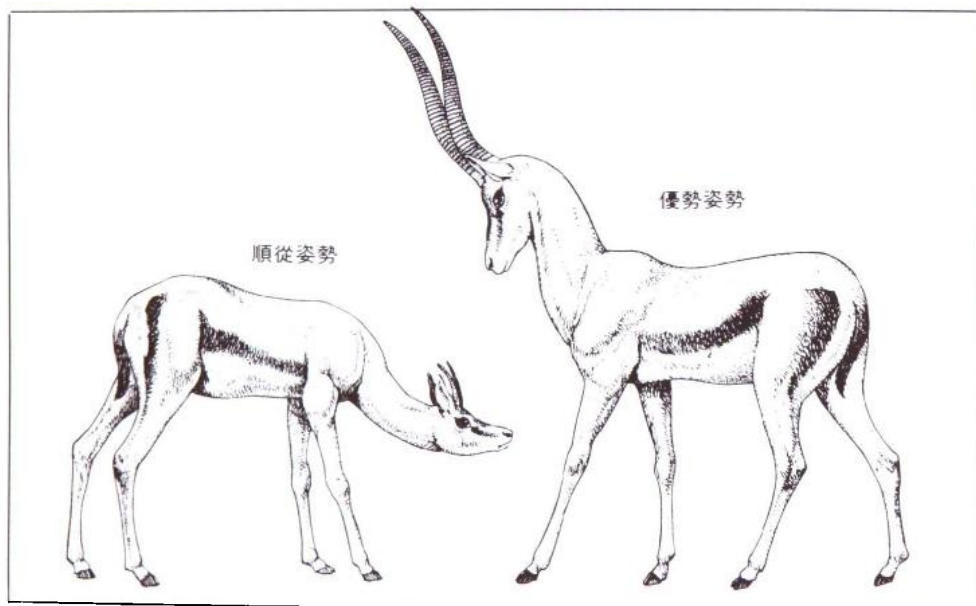
恐嚇姿勢(正面)



順從姿勢



勢力圈的征服常伴隨著種內雄性個體彼此的競爭。左上：公羚羊維持其勢力圈，常必需和其他公羚羊爭鬪，多數的公羚羊都想在其勢力圈內維持很多的母羊。左：許多鹿科的動物（如圖 *Cervidi* 和 *Bo-bidi* 兩屬）都會將其眶前腺體的分泌物，擦在樹枝或灌木上，用來畫定勢力圈的界限。



上述的方法，在水邊清洗食物，正好米飯可浮在水面上而沙却下沉，因而這是個良好的清洗方式，從此猴羣便學會利用這種行為來清洗食物了。

行為學的爭論

很多的實驗和研究都在探索動物系統中的價值問題，例如利他主義(altruism，是一種有益於他人而不自私的行為)存在於某些動物的社會之中，像海豚會幫助受傷的同伴，浮出水面，如此可以較易呼吸和游泳，但這種舉動却對幫助者造成危險，因為如此一來，牠的游泳速度便減慢了。科學家相信，這種行為是起源於小海豚剛出生之時，母豚會幫助小海豚浮出海

面去呼吸第一口空氣，所遺留下來的。非洲的獵狗基本上是以游牧為生，牠們形成互助合作的羣體生活，小狗由所有的雌狗照顧，獵狗出外打獵時，她們會盡量吃飽，回家後將食物反芻出來，供其他的狗吃；而且不管獵得多少食物，她們都會這麼做。

在動物行為學中另一個重要的爭論是演化，當我們打呵欠時會用手遮住嘴，其實並不只是基於禮貌才有這種舉動。在靈長類中有一個典型的威脅姿勢是露出牙齒，並張開嘴，為了避免這種誤會而遭受攻擊，當動物打呵欠時會將臉轉向他處。行為學家相信，吻也可以在非人類的動物中找到，成熟的黑猩猩和大猩猩有接吻的

行為，他們認為這是母親將食物由口中，傳給小猩猩這種行為的延續。

應用行為學

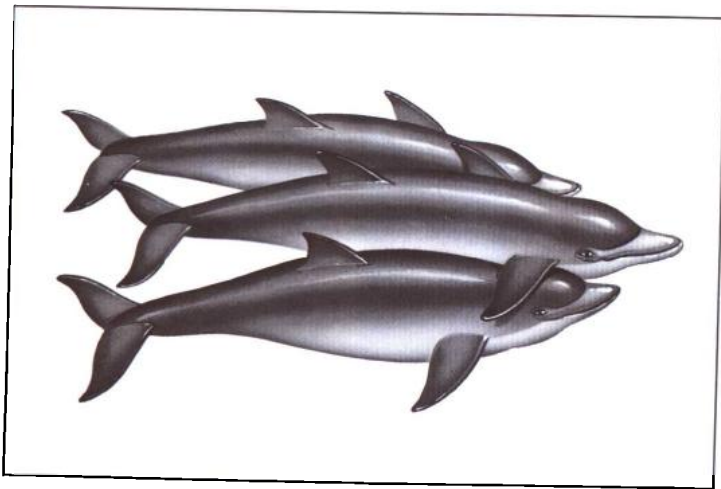
除了外形和生理之外，相同的行為也可決定動物之間的親緣關係，勞倫茲即曾利用求偶行為作為基礎，決定水鳥彼此的親緣關係，並曾將此結果和已利用軀體外形及功能所得到的親緣關係相比較，建立一套系統。

了解動物的習性，有助於我們保護那些瀕臨絕種的動物。實驗室或野外的動物，常會因環境有異，不願進行生殖，而且常常這種需求是很微妙的，這種情形在家畜的繁殖工作上也很重要。

行為學家的發現有助於人類利用動物工作，我們可以訓練某些動物來執行人類難以負荷的任務。譬如海豚可以潛入深海中，因此訓練海豚去撿回放於深海底下的工具，讓海豚執行機械性的連接工作，參與海底工程建設或打撈工作。利用海豚是非常經濟省錢的，因為如此可排除使用許多精細的潛水設備。

雖然動物行為學不能完全告訴我們動物的世界，但對於幫助我們建立一條人類和其他動物之間的線，却是行為學更重要的貢獻。行為學家也研究共同的行為，亦即許多動物都具有相同的行為，例如微笑是人類本能的行為，即使嬰兒可能從小就是又聾又瞎，他們也會在適當的時候微笑。

參閱第七冊 134~137 頁動物演化(Animal Evolution)。



動物的社會語言包括許多特殊的姿勢，這些姿勢可作為和種內的其他個體相互溝通的語言。前頁上：羚羊所使用的姿勢語言。最上：大瞪羚所使用的姿勢語言，和羚羊的姿勢頗為類似。社會性的動物利用各種行為模式來



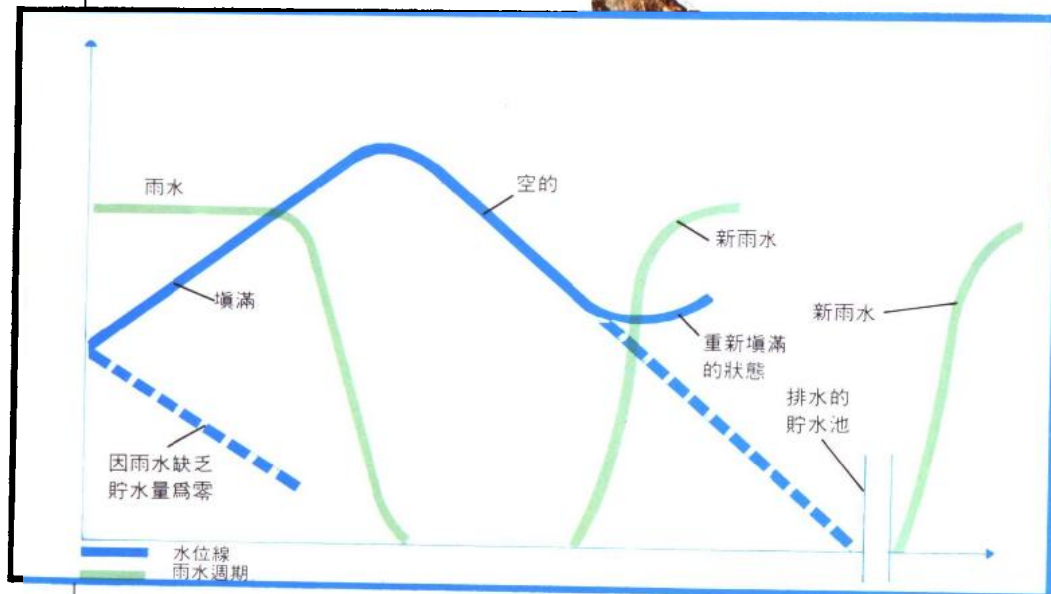
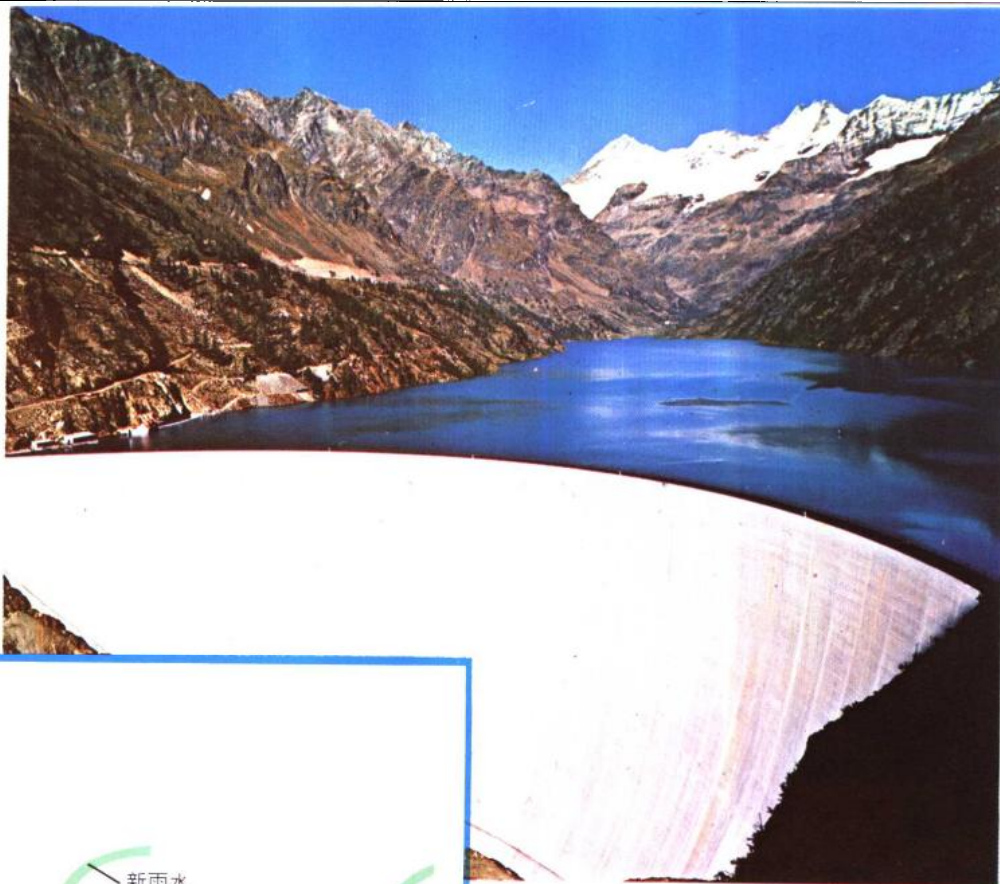
維繫族群中的個體。右：照片中的企鵝成羣的生活，此種生活方式是一種安全的保證。左：兩隻海豚幫助一隻受傷的同伴，這是一種利他行為。

作業研究 Operations Research

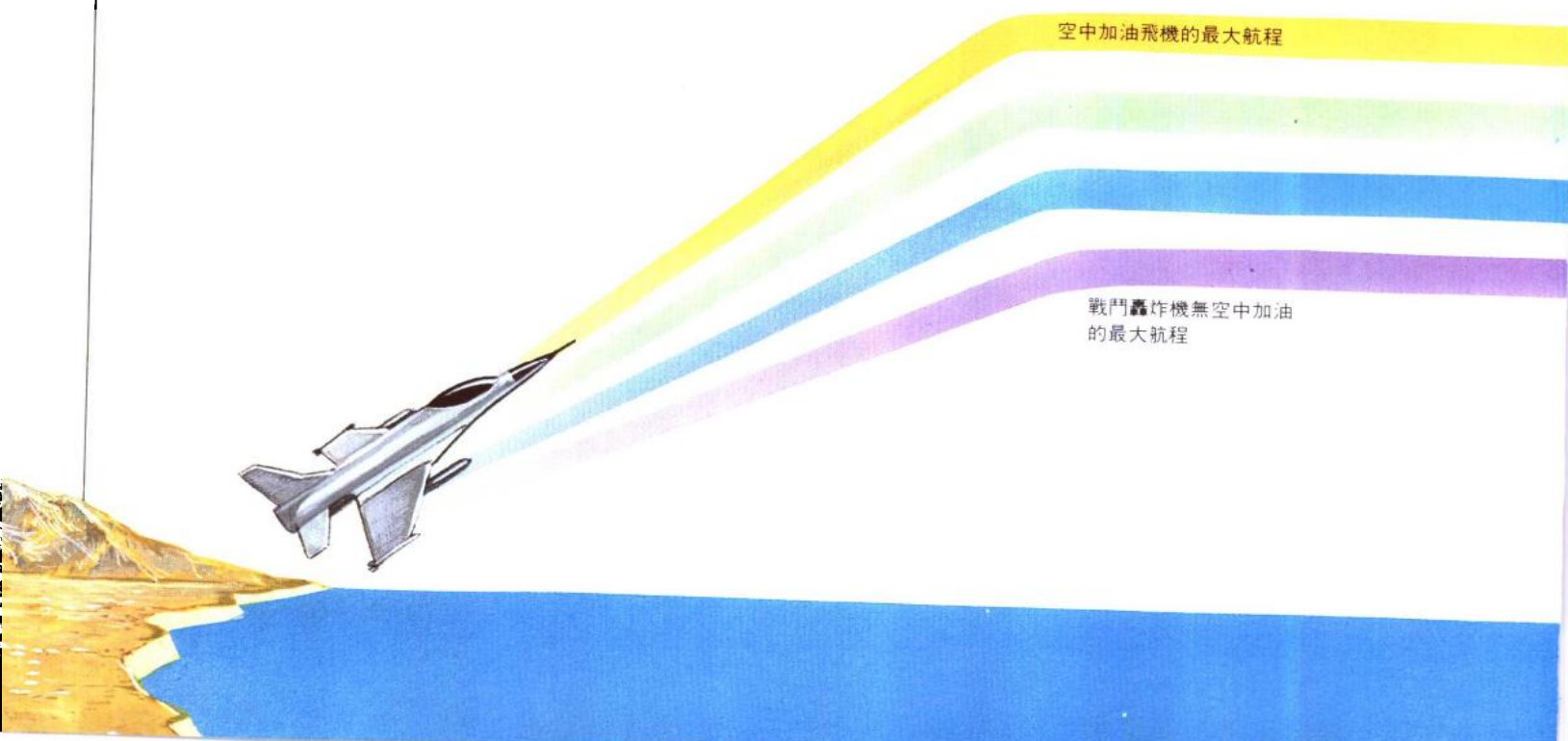
作業研究或稱業務研究，是運用各種科學方法，對某一問題蒐集大量有關資料，加以分析比較，以完全客觀之態度算出若干數據，求得解答方案，以供主管當局之採擇。簡單地說，作業研究是應用科學和邏輯的方法，將各種限制因素和其間相互關係構成數學的範式，據以求得最適當而可行的方案，作決策的參考。

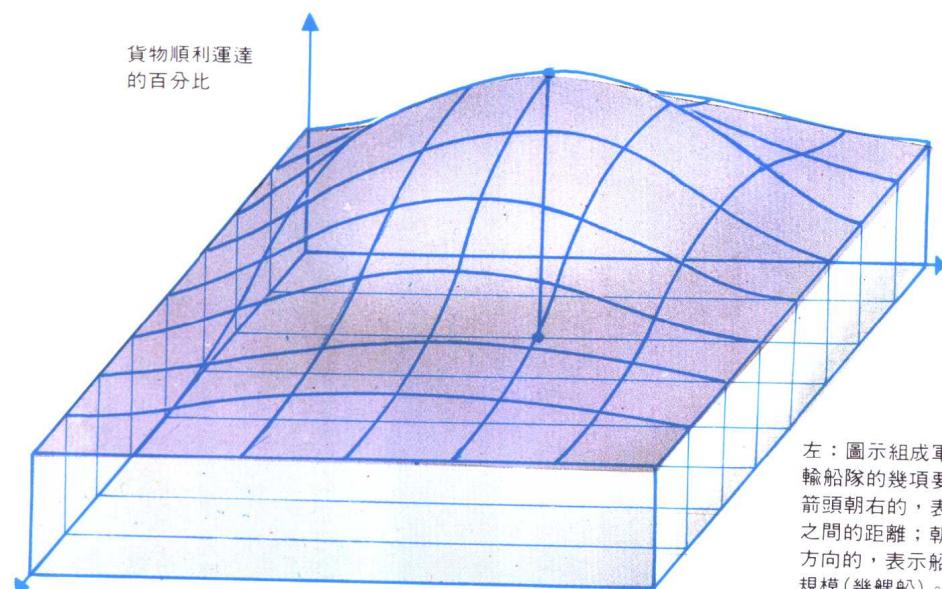
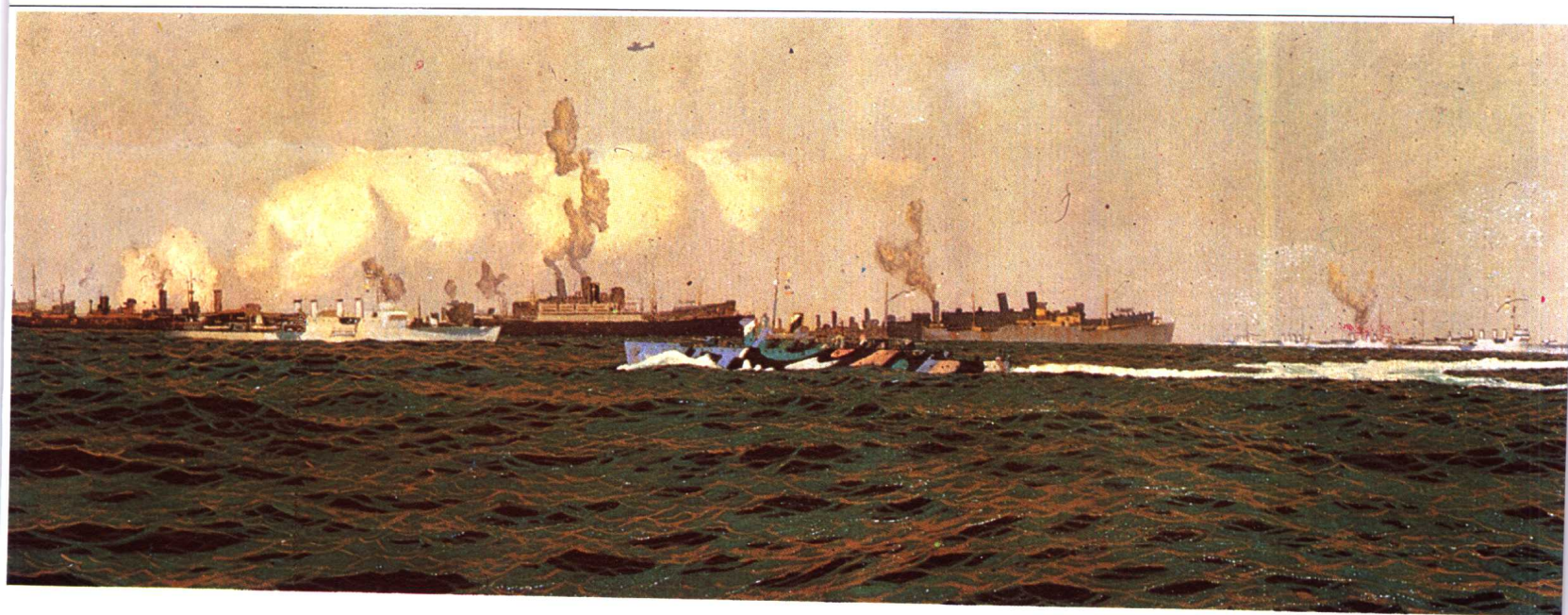
軍事起源

作業研究是於第二次世界大戰前和大戰期間，在英國發展出來的。當時的主要目的是將雷達的功用增至極限。包括科學家和技術人員的一個小組，針對此一問題進行研究。首先探討既有系統的功能，再利用假設的科學模式，找出一個全新的方式

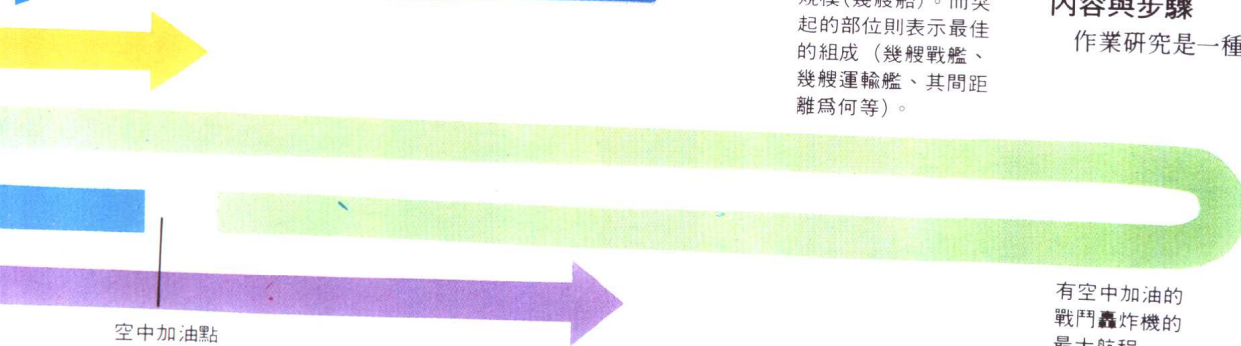


作業研究可幫助我們解決無數的技術問題。上：山上的水壩收集冰雪融化後的水。左：表示在各種情況下，水庫空或滿的情形。右頁上：海上的軍艦。要如何形成一個最安全的運輸船隊——在一個寬的或窄的海面上，有多少運輸艦，需要多少護航戰艦——這是典型經由作業研究解決的問題。





左：圖示組成軍事運輸船隊的幾項要素：箭頭朝右的，表示船之間的距離；朝讀者方向的，表示船隊的規模（幾艘船）。而突起的部分則表示最佳的組成（幾艘戰艦、幾艘運輸艦、其間距離為何等）。



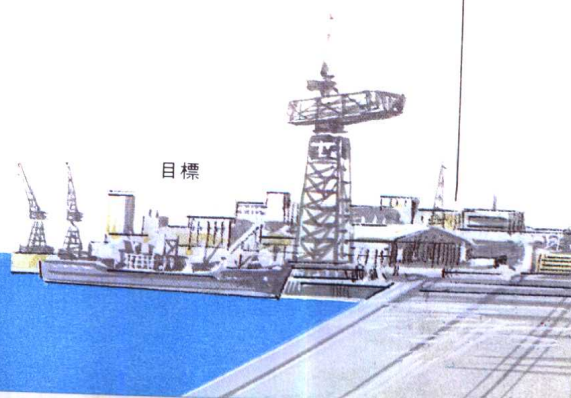
來改善此系統中人和機器的表現。這種模擬實際情況的方法，已被美、蘇等國所應用，模擬包括商場運作到核子戰爭的各種情況。

作業研究源於軍事用途，並在此方面獲得卓越成就，因此贏得「作業研究是不需打仗，就可贏得勝仗的藝術」的稱號。戰後此資料乃引起各方面的注意，並推廣至任何有組織系統的決策問題。到了西元1950年代，作業研究已開始在工商業界扮演著相當重要的角色。此外，學術界也逐漸承認作業研究是一門獨立的學問；更由於電腦技術的迅速成長，也擴展了作業研究的能力。

內容與步驟

作業研究是一種系統研究法，故在效用

上：圖示作業研究如何解決軍事飛行的問題。戰鬥轟炸機可能因所加的油料不足而無法抵達目的地。這時我們可利用另一架相似的飛機，攜帶更多的油料而不載運炸彈，以便在半途對前一架帶彈的飛機實施空中加油。如此戰鬥轟炸機就可以順利達成目標，並且安全返回。



上或功能上有關係之各份子，皆有一相互關連之複雜性，組織內每一份子須視其存在組織中有何功用以決定其程度；而全體有效程度，惟視每一份子，如何發揮其功用才能決定。

作業研究工作之基礎條件為確定研究型態，即先確定研究問題之範圍及其方法，而後再衡量此種研究方法之可能有效情形。

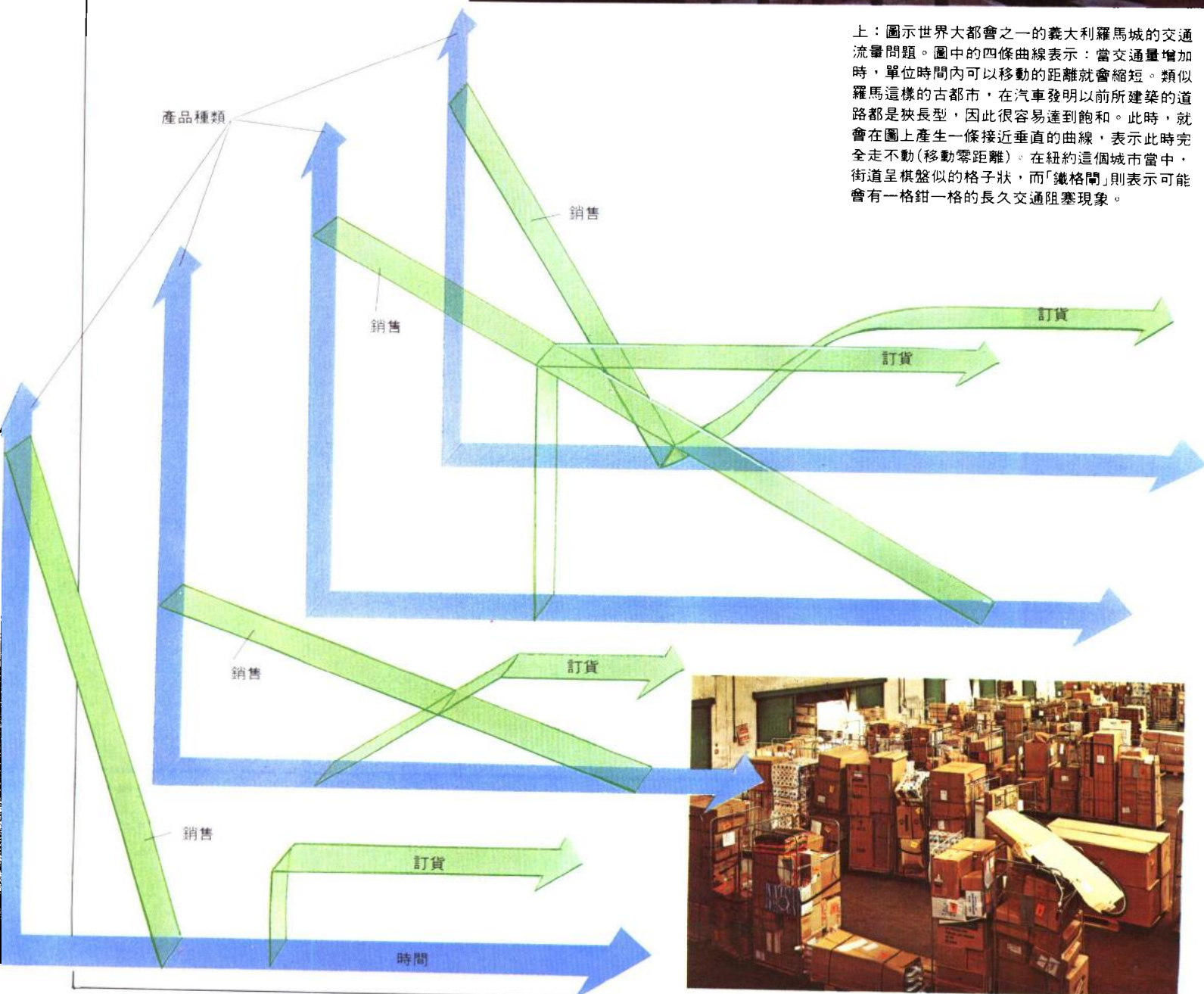
作業研究之一般程序為：

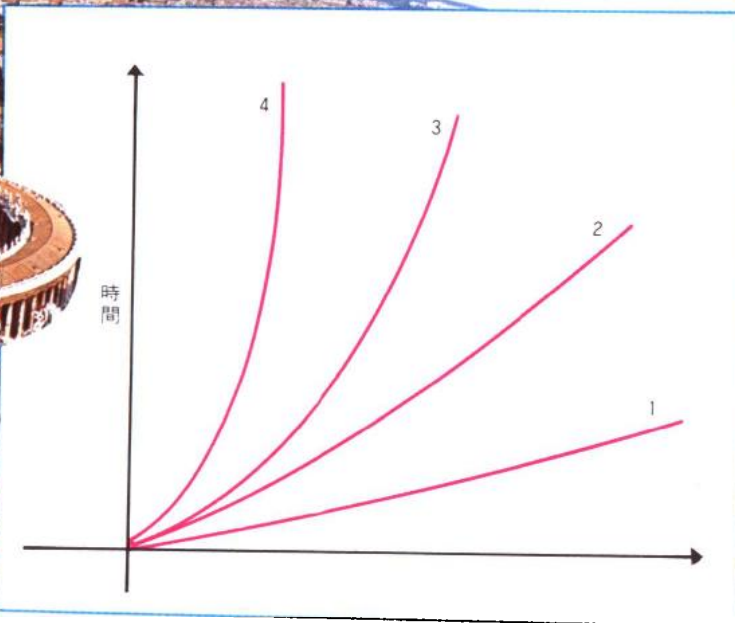
1. 確定研究對象及範圍，也就是探求問題之真實所在，然後將這個問題寫成數學方程式，並設定一個目標，作為解決問題時依循之準則。

2. 分析數據，建立一個數學模式。



上：圖示世界大都會之一的義大利羅馬城的交通流量問題。圖中的四條曲線表示：當交通量增加時，單位時間內可以移動的距離就會縮短。類似羅馬這樣的古都市，在汽車發明以前所建築的道路都是狹長型，因此很容易達到飽和。此時，就會在圖上產生一條接近垂直的曲線，表示此時完全走不動（移動零距離）。在紐約這個城市當中，街道呈棋盤似的格子狀，而「鐵格閘」則表示可能會有一格錯一格的長久交通阻塞現象。





右下：義大利高速公路的飽和點。

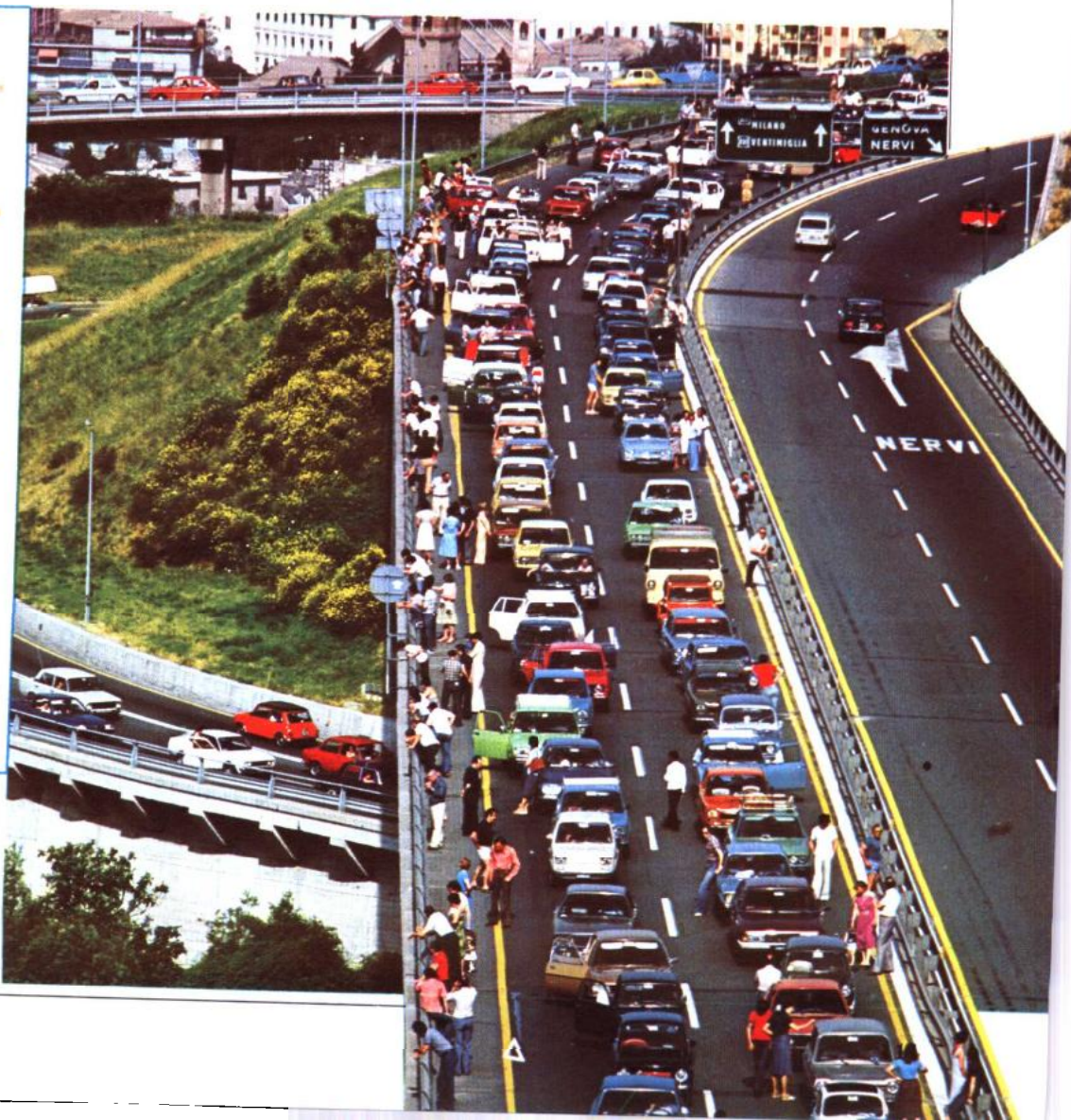
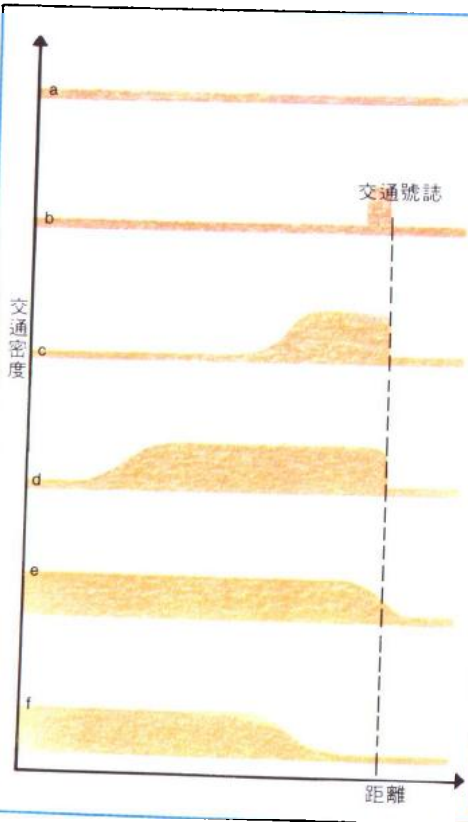
左下：紅綠燈對交通的影響。a 表示交通流暢；b 紅燈時交通中斷；c 和 d 表示車輛因紅燈而排成一長隊；e 表示交通號誌已轉為綠燈，車隊仍然繼續加長；f 表示交通恢復流暢，但在車隊變短前，交通號誌又將轉為紅燈。

距離

3. 提出一個或數個解決問題的方案。
4. 用模式測試方案的可行性及效果。
5. 假若解決方案經過模式試驗後的結果非常滿意，此方案即可在作業研究分析師的監督下付諸實施。

我們所建立的模式是真實世界經過簡化而得到的，任何系統都可藉此模式在紙上反覆地作業、修正和運作，直到最可行的方案出現為止。然而有一些模式——尤其是軍事模式——非常複雜，因此很難找到真正的解決方案。但即使如此，一個模式仍能提供不同的考慮方向，或指出可能發生改變和成長的方向，以供參考。這個方法並非毫無缺失，因為真實世界不會永遠符合預期的型態。

近年來，作業研究的方法已日漸普遍，所使用的工具範圍更廣至電腦學、統計學、邏輯學和行為科學等。它不僅用於軍事，也用於其他非軍事的範圍，如公共衛生、生態學、人口控制、都市和行政區規畫、教育系統，以及解決商業的許多問題上。



左：將作業研究的方法應用於百貨公司，使銷售與訂貨維持平衡狀態。為達到最高效率，百貨公司必須使存貨量最少，但也不致於缺貨。

低溫學 Cryogenics

氦氣(helium)冷卻到絕對溫度 2.18°K 以下時，開始凝結成液體，此時的氦液會從杯子裏爬出來，地心引力對它似乎起不了作用，真是令人難以相信這種現象。並非只有氦元素獨有，氦只不過是許多會在極低溫時發生一些奇怪行為的物質當中的一個例子而已。其原因是因為在極度冰冷的條件下，原有的物理學定律已不敷使用，也無法用來預測此種效應的發生。儘管在低溫世界裏有如此詭異的現象出現，不過物理上卻有一門專門研究超低溫的學問，對我們有許多實際的貢獻。

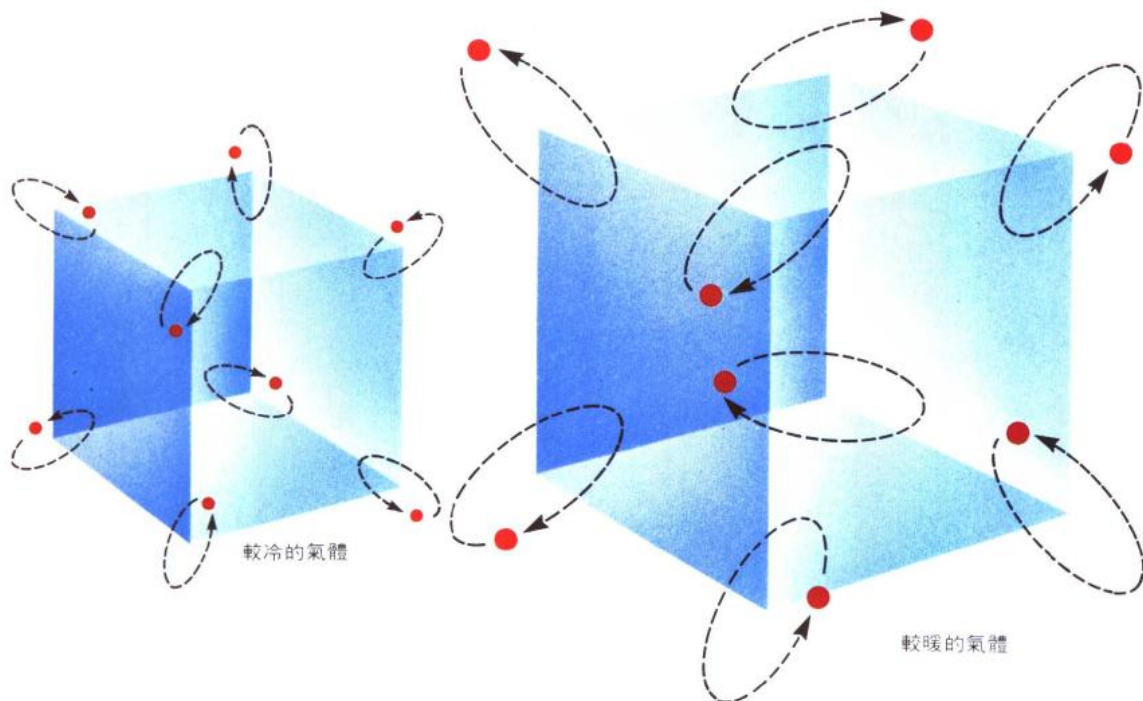
56.67°C ，由此可見要想再多降低 200°C ，達到絕對零度是多麼困難的一件事。

分子的運動

為什麼會有可能的最低溫度存在？理由在於物質內的熱能所表現的特性。當物質內的分子在移動或震動時，事實上這些運動都是熱能量的表徵。我們以溫度來作為熱能量高低的衡量標準，只要我們測量物質的溫度，事實上等於量度分子移動或震動的劇烈程度。而在絕對零度時，分子已不再運動，這也是所有物質的最終極限，

其他氣體，這些氣體被壓縮至 211 公斤/平方公分的壓力下，然後灌入浸在冷水中的管子，部分被壓縮的空氣由管子的底端高速射出，由於這些噴出的空氣需要極大的能量，所以使得管子內剩餘的空氣失去大量的熱能而冷凝成液體，達成我們液化空氣的目的。

另一種更常見的急速超冷(supercooling)方法是利用二氧化碳藥筒，這種裝備可用來灌製救生衣，以及製造蘇打水。假如你將這種裝滿被壓縮氣體的筒子放入水中，然後打開蓋子，瓶內的氣體一湧而



左：冷具有增加氣體密度的效能，因為冷卻可以降低氣體各個原子的能量狀態，使得氣體的活動空間減小。

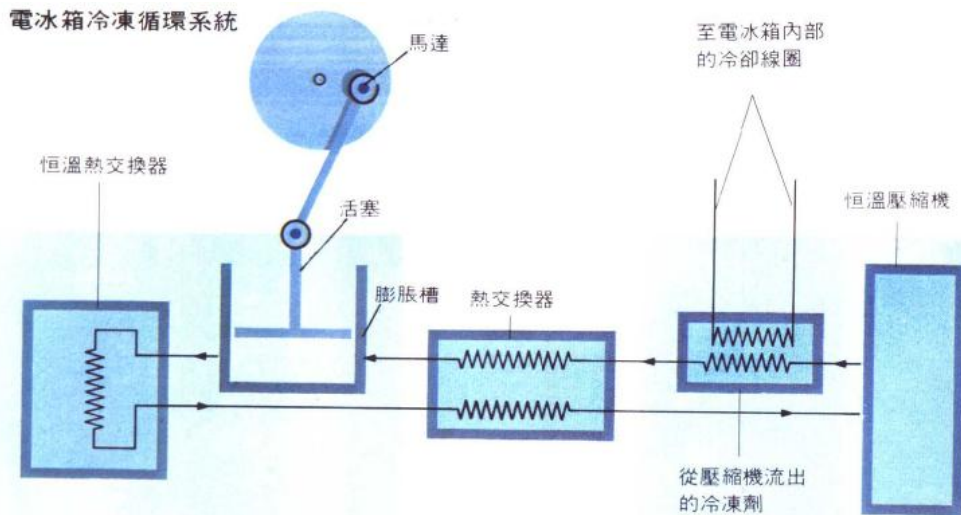
低溫學是一門很深奧的學問，因為要想得到實驗所需的低溫是很困難的一件事。它所研究的冰冷程度遠超過我們平常所能感受到的程度，因此必須使用一種稱為凱氏溫標(Kelvin scale)的尺度來測量。凱氏溫標是在十九世紀時由一位物理兼數學家威廉·凱芬男爵(Baron William Kelvin)所發明的。凱氏溫標是沿襲攝氏(Celsius)溫標而得，兩種溫標所用的溫差尺度完全一樣，唯一的差異是：攝氏溫標以純水的凝固點作為零度指標；而凱氏溫標則以可能的最低溫度——絕對零度(absolute zero)，作為其零度指標(相當於攝氏 -273.15°C)，比地球上出現的最低溫記錄還低 183°C 。以一座強力製造乾冰——冰凍的二氧化碳固體(dry ice)的工業冷凍機為例，降溫極限也不過攝氏一

所以我們以絕對零度來代表所有物質的最低溫度。更準確的一項說法是：事實上所有物質在絕對零度時，不但不再做任何分子運動，同時對外物也無絲毫的作用，以致於我們根本無法測得此時的溫度。因此低溫學其實就是在探討物質分子運動量極低時之狀態的一門學問。

要想使物質的溫度降到低溫學所要研究的範圍內，必須把物質的熱量吸出。方法有很多種，原理則一樣，都得將物質與另一種能迅速吸取大量熱量的物質接觸。我們以製造液態空氣(liquid air)為例作說明，液態空氣是把普通的空氣降溫，至少降到攝氏 -228.88°C ，使之由氣態凝為液態而成。製造過程首先要把空氣過濾，除去灰塵，然後將空氣氣泡通過水層，以清除雜質。剩餘的乾淨空氣含有氮、氧及

出，吸收了水中大量的熱能，使得外界的水在幾秒內就結成冰塊。這個過程相當的危險，除非是在實驗室裏，否則不可輕易地嘗試。前面我們所提到的冷卻技術都只是針對氣體而言，如果我們想要將一種非氣態的物質冷卻至低溫學所探討的溫度範圍內，最好的方法就是讓它跟比它低溫的物質接觸，以便冷卻。通常大家都使用液態氧、氮、或氦。以氮氣為例，它在 4.2°K 時液化(相當於攝氏 -269°C)。雖然科學家們相信要達到絕對零度是不可能的事情，但仍有許多特殊的技術可以讓物質的溫度趨近於絕對零度。科學家在實驗室中曾經有將物質的溫度降到凱氏溫標 $+0.00001^{\circ}\text{K}$ 的最低記錄，距離絕對零度只差了百萬分之幾度而已。

電冰箱冷凍循環系統

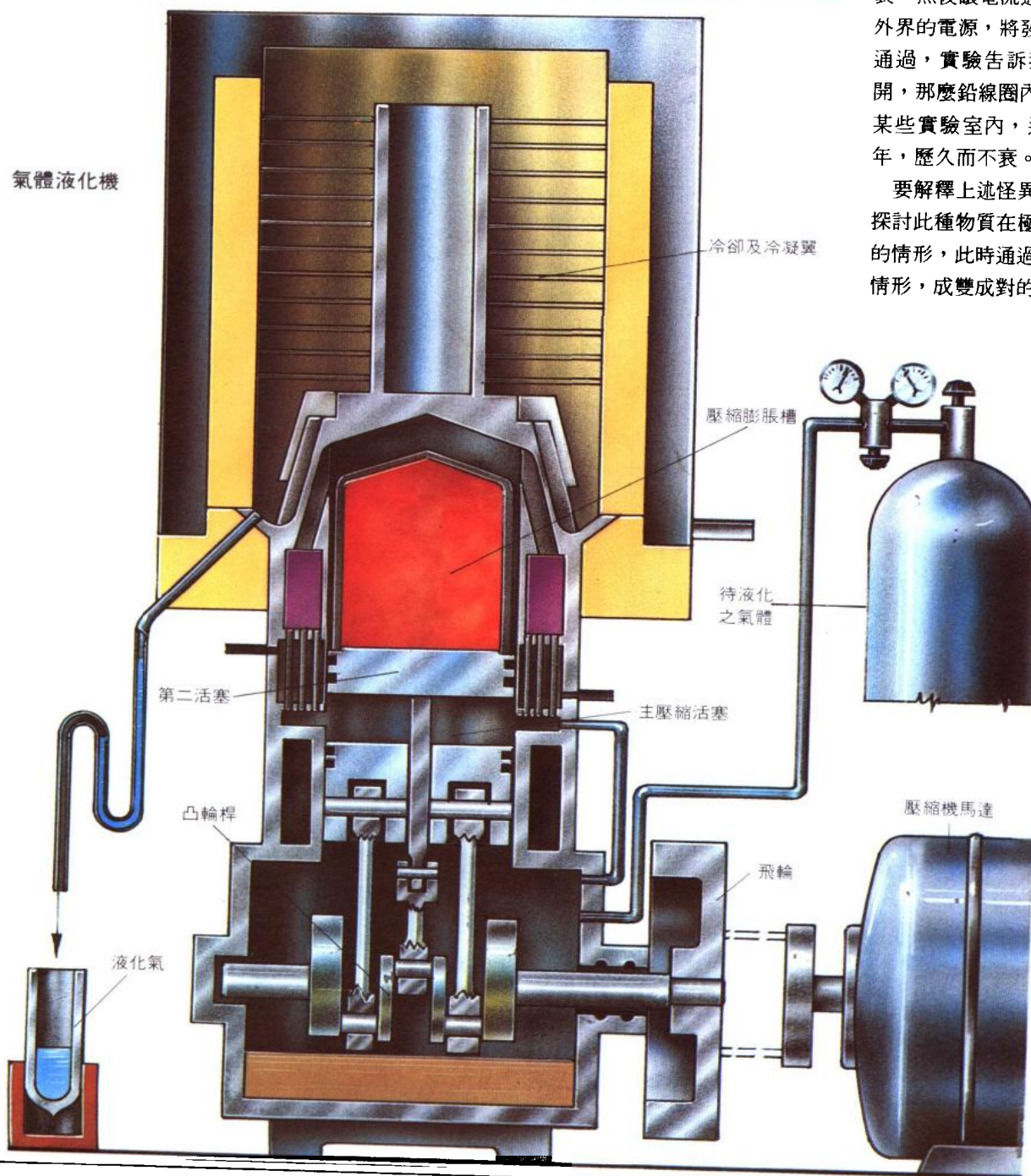


超導電性及超流動性

當接近絕對零度時，有兩個非常重要的現象發生，分別是超導電性(superconductivity)及超流動性(superfluidity)。在西元 1911 年，科學家發現某些金屬在接近絕對零度的狀態下仍然具有導電的能力，我們稱其具有超導電性。大部分的金屬線在電流通過時，都會有某些程度的阻力出現，因此當電流不斷向前走，流勢便顯得愈來愈弱。但是具有超導電性的金屬却恰好相反，它並無電阻可言，此種沒有絲毫電阻的特性當真是令人驚訝萬分。舉例來說，如果我們將鉛線圈浸在一池氦液裏，然後讓電流通過鉛線圈，此時若移去外界的電源，將發現鉛線圈內依舊有電流通過，實驗告訴我們，只要不把氦液移開，那麼鉛線圈內將永遠有電流通過。在某些實驗室內，這種電流能維持上好幾年，歷久而不衰。

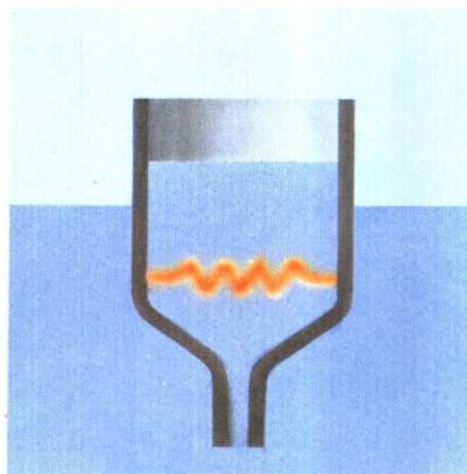
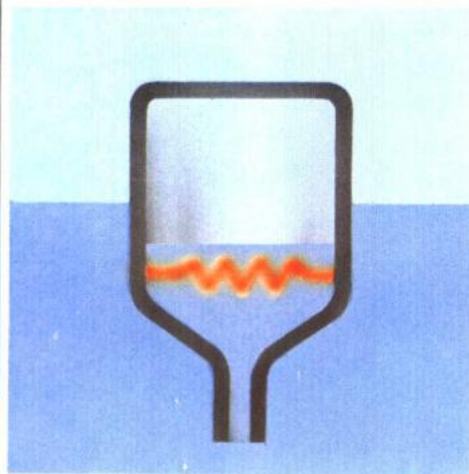
要解釋上述怪異現象的發生，我們必須探討此種物質在極低溫時電子通過其內部的情形，此時通過的電流呈現電子配對的情形，成雙成對的電子很有次序地前進，

氣體液化機



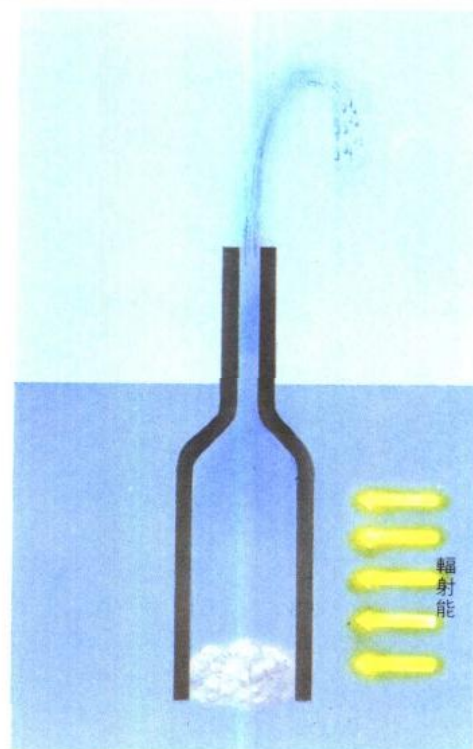
上：家庭用電冰箱的操作簡圖。

左：兩段式氣體液化機。任何氣體被液化，操作的原理都是一樣。首先氣體要先被壓縮，然後有部份壓縮的氣體得以膨脹，由於膨脹作用使得剩餘被壓縮的氣體冷卻至其液化凝固點之下。

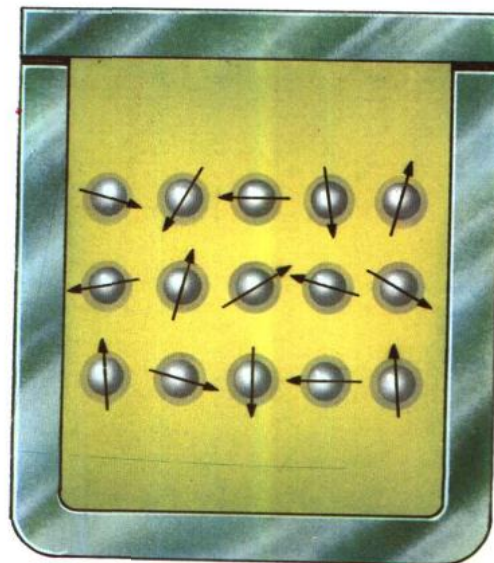


液態氦有許多古怪的行為，看起來似乎違反了一般自然定律。它的表面張力改變就是個很好的例子。上左：瓶口向下的密閉容器內液面降低。上右：將此瓶密閉器上頭打開，液面卻升高。右：顯示毛細管插在液態氦裏，竟出現噴泉的現象，從管口噴出一道氦液，此種現象部分是由於

外界輻射能加熱管子所造成的。下：杜瓦瓶 (Dewar flask) 即是用來存放液態氦的。這種瓶的構造好像是一系列的熱水瓶，一個在另一個裏面。液態氦被灌在該瓶內的某一層裏，藉以幫助內層的液態氦保持冷度。



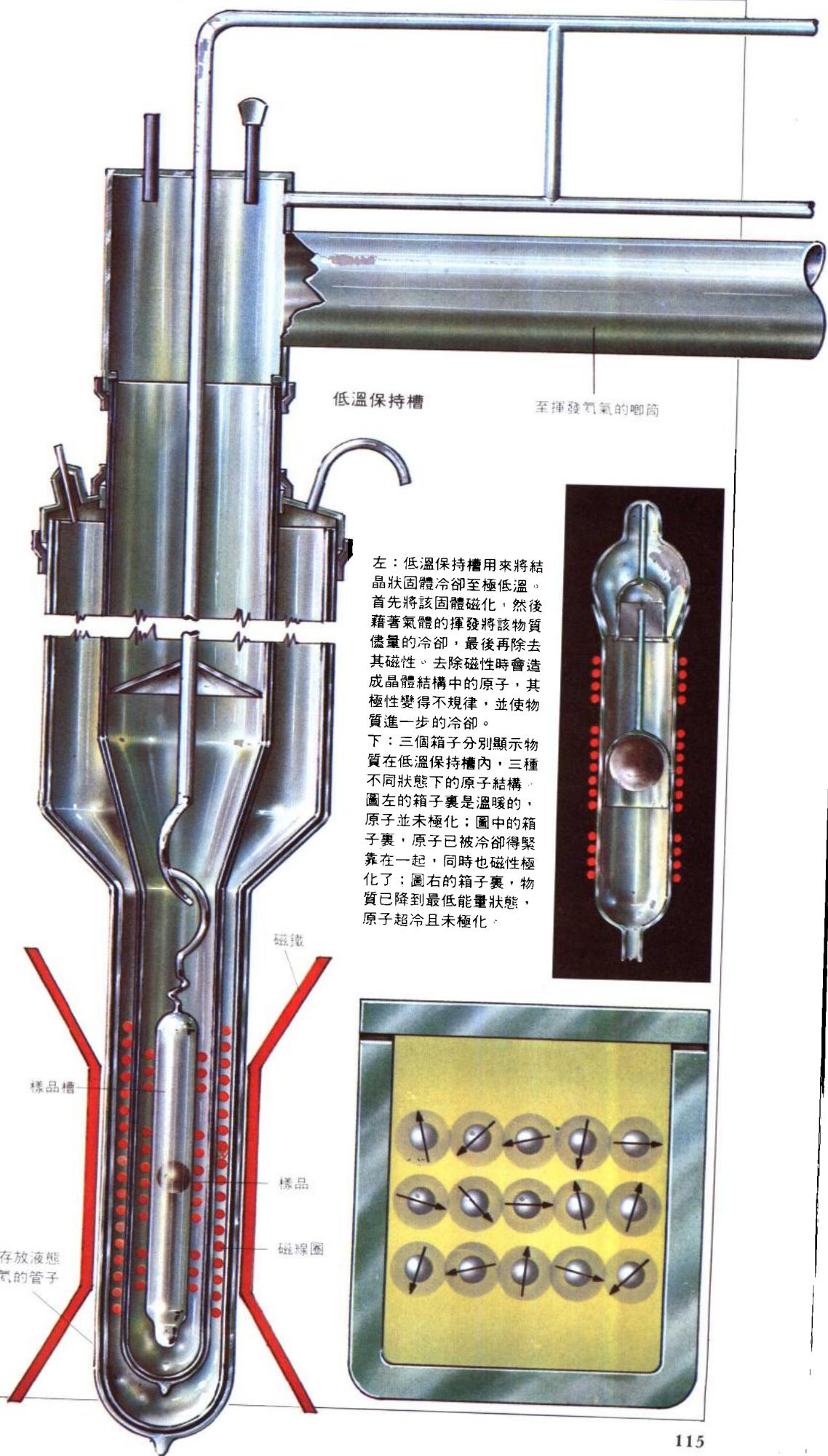
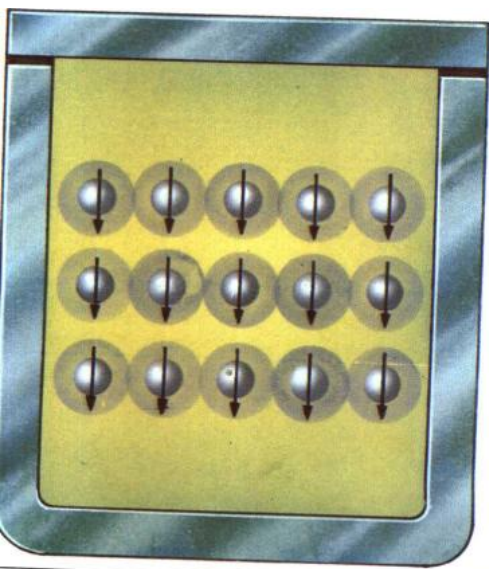
存放液態氦的
杜瓦瓶



穿透過金屬的晶格，而沒有任何的碰撞或阻力出現。大家都知道只要有碰撞發生，就有電阻出現，所以此種物質在低溫時，電流可以永遠順暢的流通。這種超導電性影響物質的行為，實在是量子力學的一個罕見的現象。

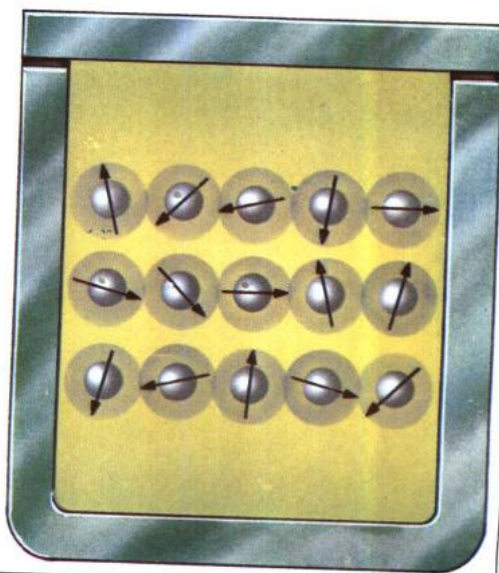
超流動性是液態氦的獨有特性。當氦氣被冷卻到 2.19°K (約相當於攝氏 -270°C) 後，它完全變了個模樣，原有的性質都改變了。實際上氦有兩種液態，當氦的溫度介於 4.2°K 到 2.19°K 之間時，此時的液態氦我們稱之為氦(I)；當氦的溫度低於 2.19°K 時，我們稱此時的液態氦為氦(II)。氦(II)真是個怪物，它可以向上爬出裝它的容器，還能鑽過細如毛髮的管子。這些是怎麼發生的呢？科學家至今仍是一知半解，可能是由於氦原子的特有組成所致，特別是在某種極端的條件下，它表現出相當不尋常、而奇妙的能量交互作用吧！

超導電性和超流動性並非低溫學唯一要探討的現象。由於這門新的科學所關切的是物質分子在極低的熱能量狀態下的行為，所以低溫學也探討分子排列次序很完美時的系統。當物質的溫度趨近絕對零度時，所有的分子幾乎都已靜止不動，不再亂跑。所以在此低溫下，物質的某些現象變得較易探討，譬如物質的電性或磁性在不受熱能干擾的狀況下，探討起來便單純得多。正如我們已討論過物質的超導電性，在低溫下有些現象會運作得更好，因此低溫學的知識將幫助我們在各方面更迅速長足地進步，譬如馬達、發電機、電磁石，以及電源轉換器等效率的提昇，甚至也可應用到天文學及太空遊旅上！



左：低溫保持槽用來將結晶狀固體冷卻至極低溫。首先將該固體磁化，然後藉著氣體的揮發將該物質儘量的冷卻，最後再除去其磁性。去除磁性時會造成晶體結構中的原子，其極性變得不規律，並使物質進一步的冷卻。

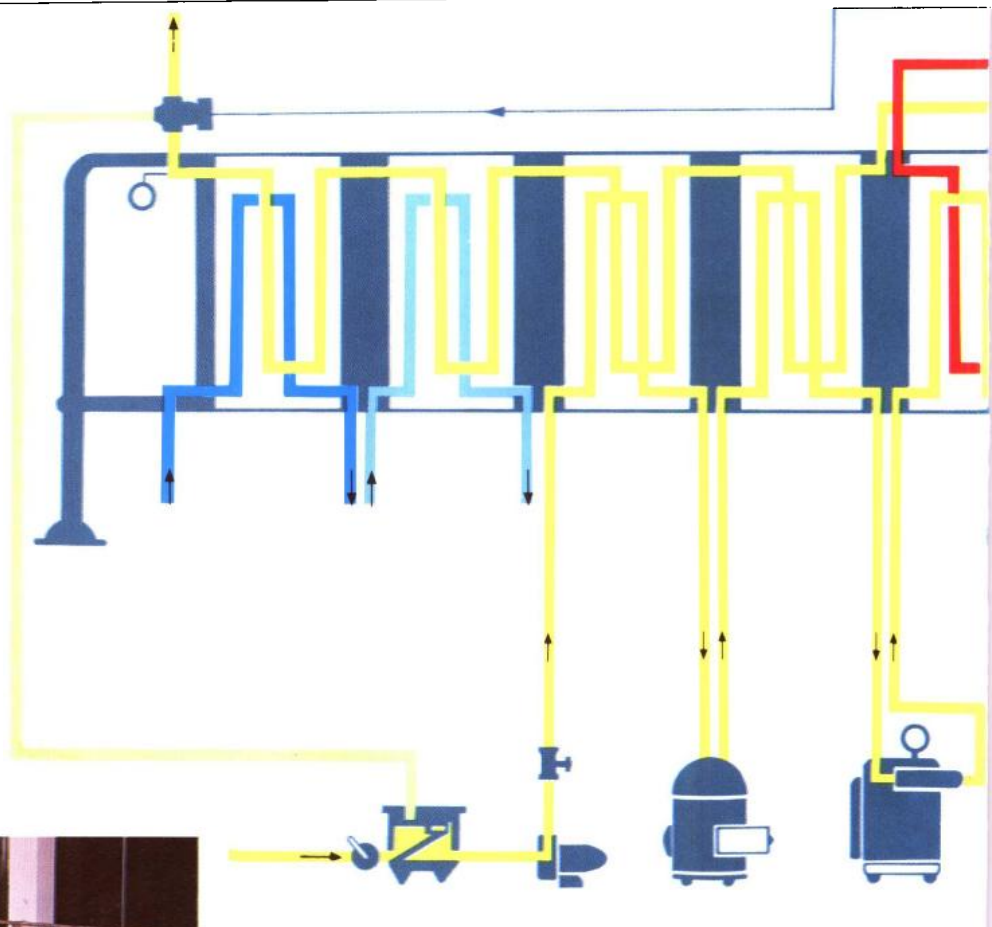
下：三個箱子分別顯示物質在低溫保持槽內，三種不同狀態下的原子結構。圖左的箱子裏是溫暖的，原子並未極化；圖中的箱子裏，原子已被冷卻得緊靠在一起，同時也磁性極化了；圖右的箱子裏，物質已降到最低能量狀態，原子超冷且未極化。



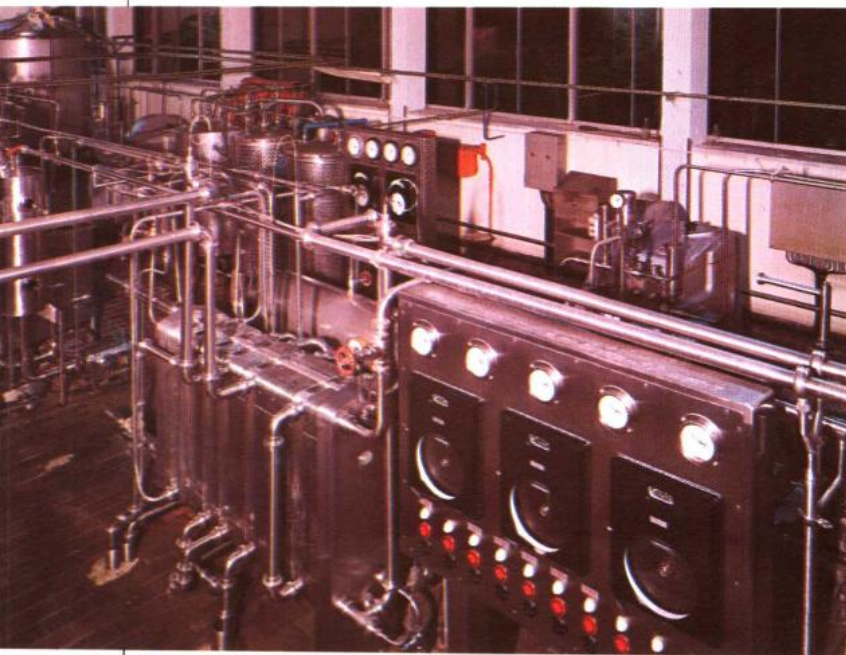
低溫殺菌 Pasteurization

西元 1826 年，法國里耳(Lille)有一位釀酒商到當地大學去拜訪科學部門的新主管，希望能協助解決一個對他的事業有嚴重威脅的問題。他的啤酒發酵不像往常那樣順利，有變酸的趨勢。當時並沒有人真正了解，在麥芽漿轉變成酒精飲料的過程裏，到底發生了什麼變化。整槽的啤酒就這樣壞了，釀酒商却一籌莫展。

由於這個動機，路易士·巴斯德(Louis Pasteur)開始一系列的研究，最後發展出低溫殺菌法，目前這個方法常用於消滅牛奶和其他食品中的結核桿菌(*Mycobacterium tuberculosis*)和其他的病菌。在他的調查研究過程中，巴斯德確認使啤酒變酸的原因，是一種能在無氧狀態下生存並繁殖的微生物。低溫殺菌可殺死多數引起食品變壞的細菌，也用在啤酒和葡萄酒等飲料的製造過程裏，以防止不良微生物之生長而損害產品的風味。



左：多數低溫殺菌系統的心臟是熱交換機。這種裝置可使加熱殺菌過的流體將熱能傳給剛流入之未經殺菌的原料，並避免兩者的直接接觸。最常用的熱交換機是板式和管式兩種形式，圖中所示為板式熱交換機，因為它易於保養，所佔空間較小，所以使用較為普遍。



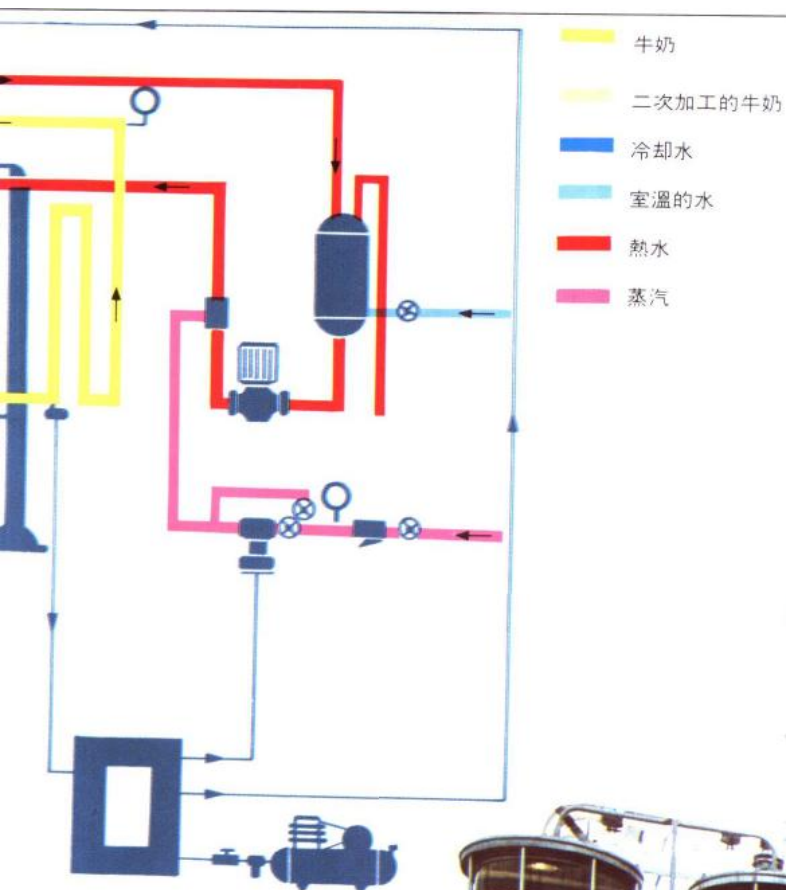
牛奶的低溫殺菌法

低溫殺菌法雖然可用在許多食品，但仍以用在牛奶方面最為著稱。製造牛奶時要將發酵槽或其他裝置加熱，進行部分殺菌。最新的方法是所謂的再生系統(regenerative system)，採用管狀的低溫殺菌裝置，利用冰水和剛流入的生奶來冷卻剛剛經過低溫殺菌的熱牛奶以進行連續式低溫殺菌。為了消滅全部的病菌，牛奶必須在 63℃ 保持 30 分鐘以上，或在 72℃

保持 15 秒鐘，這兩種低溫殺菌法分別稱為低溫長時間(LTLT)法和高溫短時間(HTST)法。後者為目前常用於牛奶和乳製品的低溫殺菌法。另外有一種低溫殺菌法稱為超高溫(UHT)法，是將牛奶加熱到 138℃，保持 2 秒鐘。由於這種方法的殺菌效果比低溫長時間法和高溫短時間法更好，因此用超高溫法殺菌的乳製品，其保藏期限較長。

其他食品的低溫殺菌

採用溫和的加熱處理，可延長許多食品的保藏期限，也稱為低溫殺菌法。但是由於食品本身的性質不同，有時很難測出到底用了多少熱能，也很難加以控制。例如，全蛋可用高溫短時間法和低溫長時間法殺菌，但分成蛋白和蛋黃時，情況就不一樣了，蛋黃容易處理，但是蛋白部分則須添加乳酸和鋁鹽以保持其風味和可用性。汽水裏的二氧化碳氣體具有防止變壞



的作用，而沒有充填二氧化碳氣體的飲料則要用低溫殺菌法殺菌。葡萄酒無論是否接觸空氣，都容易生長野生酵母菌和各種細菌，要用 62.2°C 大約 1 分鐘的加熱法殺菌。有些食品也採用輻射線低溫殺菌法，用低劑量的 β 和 γ 射線照射液態或固態食品，也可達到其他低溫殺菌法的兩個目標，即消滅致病和變壞的微生物及同時保持食品的外觀和風味，以延長其保藏期限。

參閱第四冊 172 ~ 173 頁乳品工業 (Dairy Industry)。

上：圖示為牛奶在低溫殺菌工廠中的流程圖，流入的生牛奶先在熱交換機裏用熱的殺菌奶預熱，經脫脂和均質後牛奶通過低溫殺菌機主體，在這裏用蒸汽和熱水加熱到殺菌所需的溫度。經冷卻後牛奶就可以包裝和冷藏了。

右：低溫殺菌工廠的部分照片，低溫殺菌機常用玻璃管，因為玻璃管容易檢查和保持清潔。



克而盒 Kerr Cell

一般的照相機能用來照一些移動的物體，且照出來的影像都是靜止不動的，如照一些緩慢移動的東西和正在飛翔的鳥，或其他以慢速度運動的物體。照相機能有這項功能，即得力於照相機的快門快速運作，這種快門是藉著機械式金屬片的開和關來控制光線進入底片的時間。但對於一些運動很快的東西如賽車，則照出來的影像會變得模糊不清。爲了改進這一缺點，所以照相機必須具有更快速的快門配合。

機械式的快門速度一定有其極限，大約是三千分之一秒。要照極爲快速運動的物體，如子彈的運動、振動波、爆炸和核子反應等時，就必須用特殊的高速快門才能照得很清楚。而操作這種快門的方式並非機械式的，我們稱爲克而盒電子—光學快門。

克而盒快門是由一位蘇格蘭的物理學家約翰·克而(John Kerr)，於西元 1875 年所發明的。他在研究光經過某些充滿電場的液體時，發現這種電場能改變光通過這些液體的偏振方向。

偏振光

人類眼睛能夠辨別光的一些特性，如光的顏色和方向。光之所以偏振，是因為具有波的性質的緣故。

光以電磁波(electromagnetic wave)的形式在空間中傳送能量，而這種電磁波的產生，是藉著改變電場和磁場之間的交互作用。由於這些電磁場的上下振動強度方式，和海洋上的水波上下振動的方式一樣，所以乃被稱爲波。

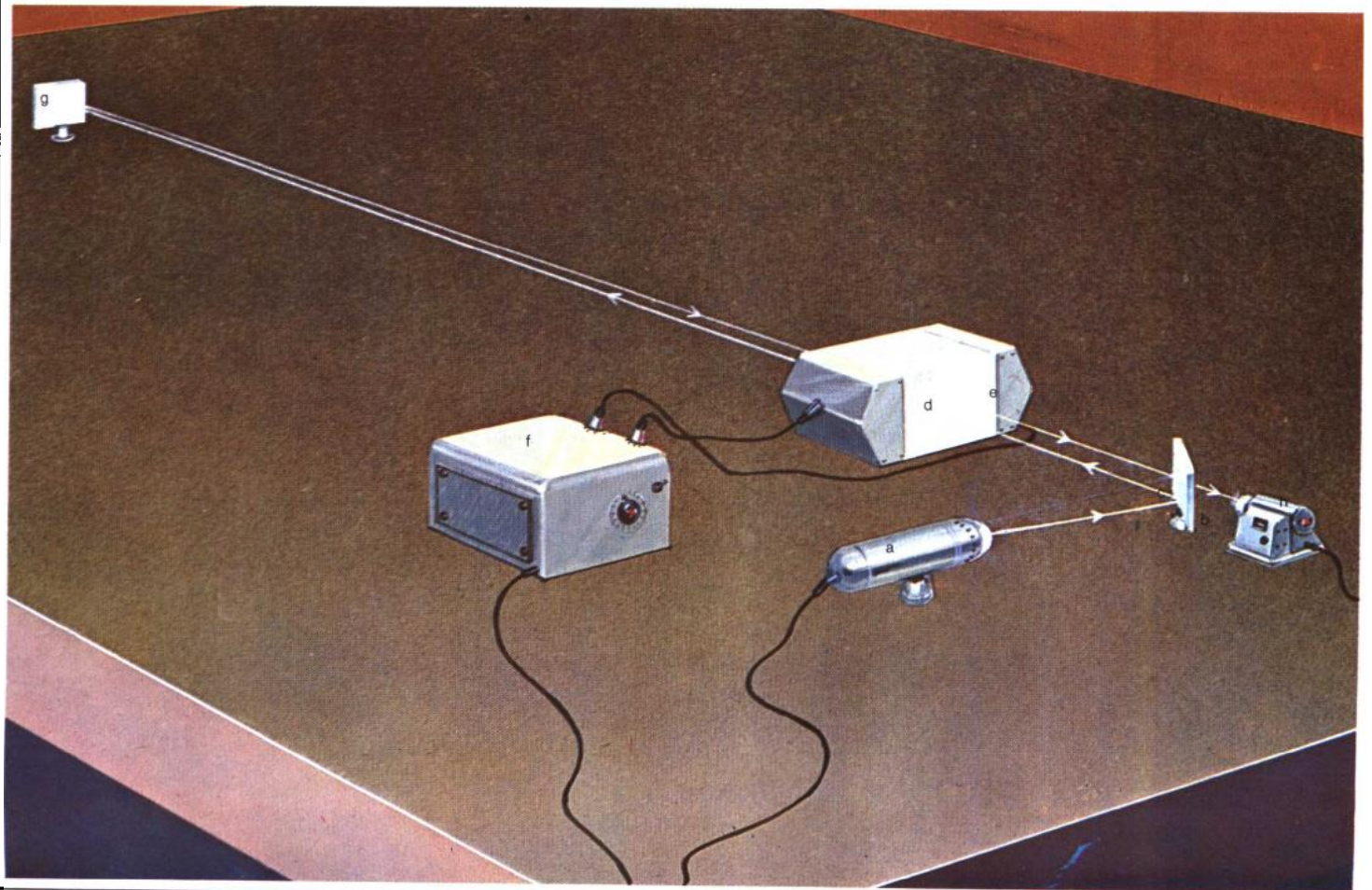
電磁波在其他方面也很類似水波。水波是以橫向通過大海；每一個別的水波，都是由很多水分子組合而成，而這些水分子上下的垂直運動著，其振動方向與波的前進方向互相垂直，稱爲橫波(transverse wave)。

光波和其他電磁波都是橫波，但其與水波不同之處是，水波只是上下振動，而電磁波除了上下振動之外，還可以藉著左右運動或以垂直波前進的任一方向振動。以繩子舉例說明，首先將長粗繩的一端繫在樹上，另一端則用手拿，藉著手的快速上

下移動，即可製造出一系列的波，這些就是橫波；因爲這些粗繩被繫在樹上根本不動，只是粗繩的每一片斷上下振動而已。但是我們可以藉著手的左右移動，而製造出一系列的波，這種波也稱橫波。

當每一個波都在同樣一個方向做橫向振動的光束，即爲偏振光(polarized light)——也就是說每一個波都在以波進行方向與波振動方向構成的平面上傳遞。偏光鏡的功用，就在於它能阻止所有不在某一平面上傳遞的光的通過，而使光波偏振化。這就好像在我們的身體與繫有繩子的樹木之間，並排插下兩塊長木材，這兩塊木材分別在手中繩子的兩邊，且它們之間的空隙很狹小。假如想要粗繩在樹木及兩塊木材之間運動，則粗繩只能在上下平面上運動。但是如兩個像這種的偏光鏡互成 90° 角時，就可以使所有的振動被過濾掉。

克而盒快門是由兩個偏光鏡彼此互成 90° 所組成的，這種儀器放在盒子裏面，所以叫克而盒，其中包括了透明液體硝基苯(nitrobenzene)和一個可以產生電場的

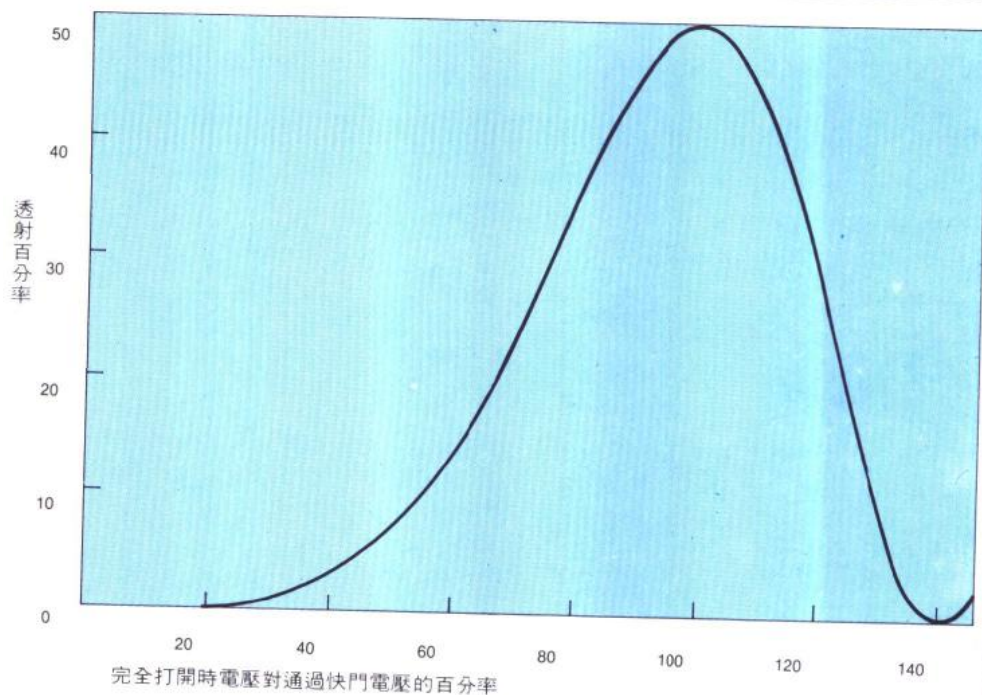
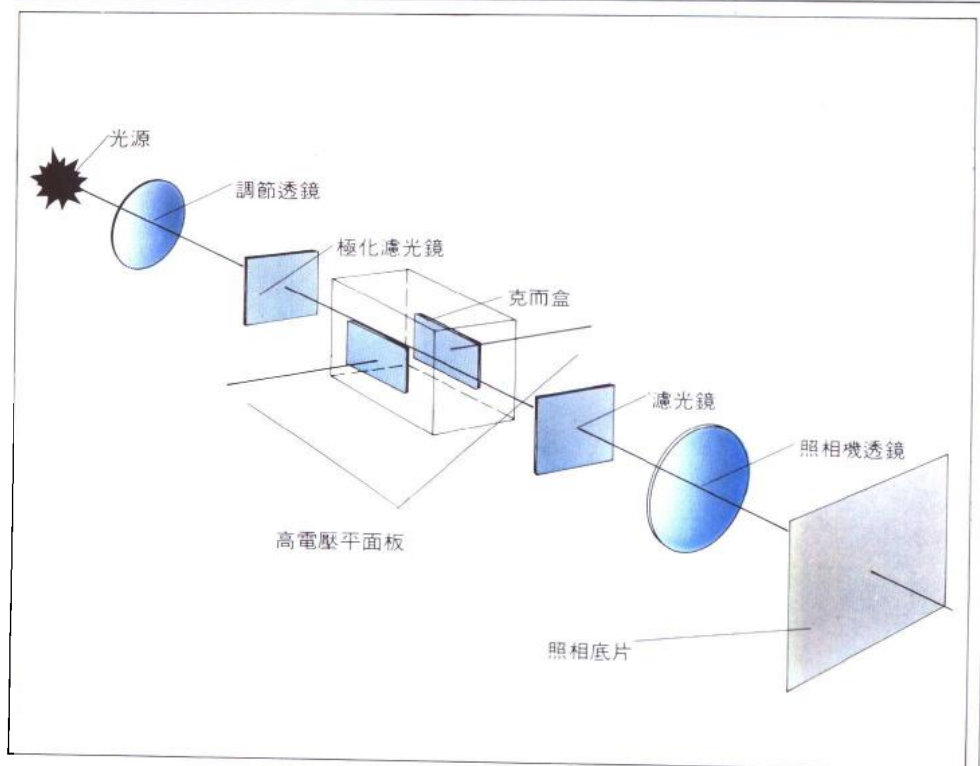


電子裝置。當電場關閉時，光線就不能通過快門，這是因為兩個偏光鏡彼此成 90° 。當電場打開時，硝基苯會旋轉光的偏振方向，使其傳遞平面改變，而使光線通過第二個偏光鏡。這種電子控制快門器操作起來，要比機械式控制快門快多了。

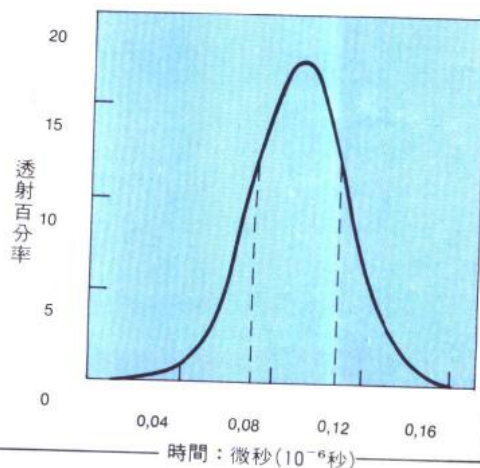
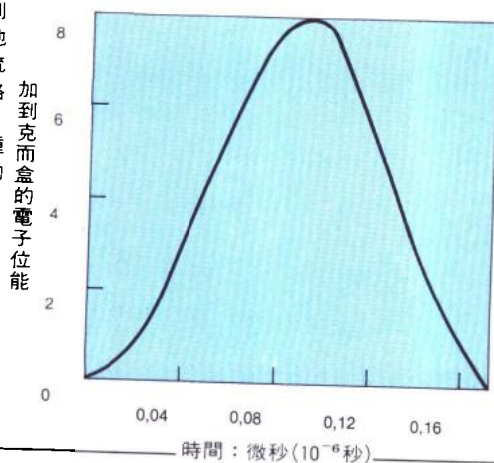
其他高速快門

藉著克而盒操作的快門，其速度可以達到百萬分之一秒或更短的時間。克而盒快門又稱為電子-光學快門(electro-optical shutter)，是一種高速快門。另一種類型如法拉第快門(Faraday shutter)或磁子-光學快門(magneto-optical shutter)，其操作原理與電子-光學快門一樣，只是以磁場代替電場，用此旋轉偏振光的平面。第三種高速快門也是用電場操作，並且是使用影像變流器管(image converter tube)的一種裝置。

參閱第五冊 180~181 頁波動現象(Wave Phenomena)；第十冊 108~109 頁電子光學(Electron Optics)。



左：利用克而盒測量光速的裝置。所標明的部分是：a)光源，b)透鏡，c)分光器，d)克而盒，e)帶電金屬平板，f)高電壓源，g)鏡片，h)光電池。當光通過鏡片與光電池之間時，則以克而盒改變阻礙與非阻礙光線的路程。當光電池不再接收到光線時，即指光線從分光器到鏡片再回到光電池繞了一圈所需的時間，應該是等於克而盒的電流改變一周所需的時間。一旦知道光行走某一段路程所需時間，就能很輕易地計算出它的速度了。右上：顯示克而盒如何被用來當做照相機的一種超高速快門。下面幾個圖形為有關克而盒動態的函數。



免疫 Immunity

早期對引發人體免疫系統作用所做成功的試驗，在付出了慘重的代價之後，終於明白地證實了人體內防禦機構的靈敏反應。根據法國哲學家伏爾泰(Voltaire)的描述，在十五世紀時，亞洲人抵禦天花的方法，是讓健康的人吸入那些不幸罹患天花的病患身上所形成的痂皮。這種方法的危險性遠大於有效性，因為很多從事這樣自我疫苗接觸的人常導致死亡。不過，由此即可看出免疫機制的基本原理：人體必先受到威脅，才有能力防禦。

免疫作用的種種

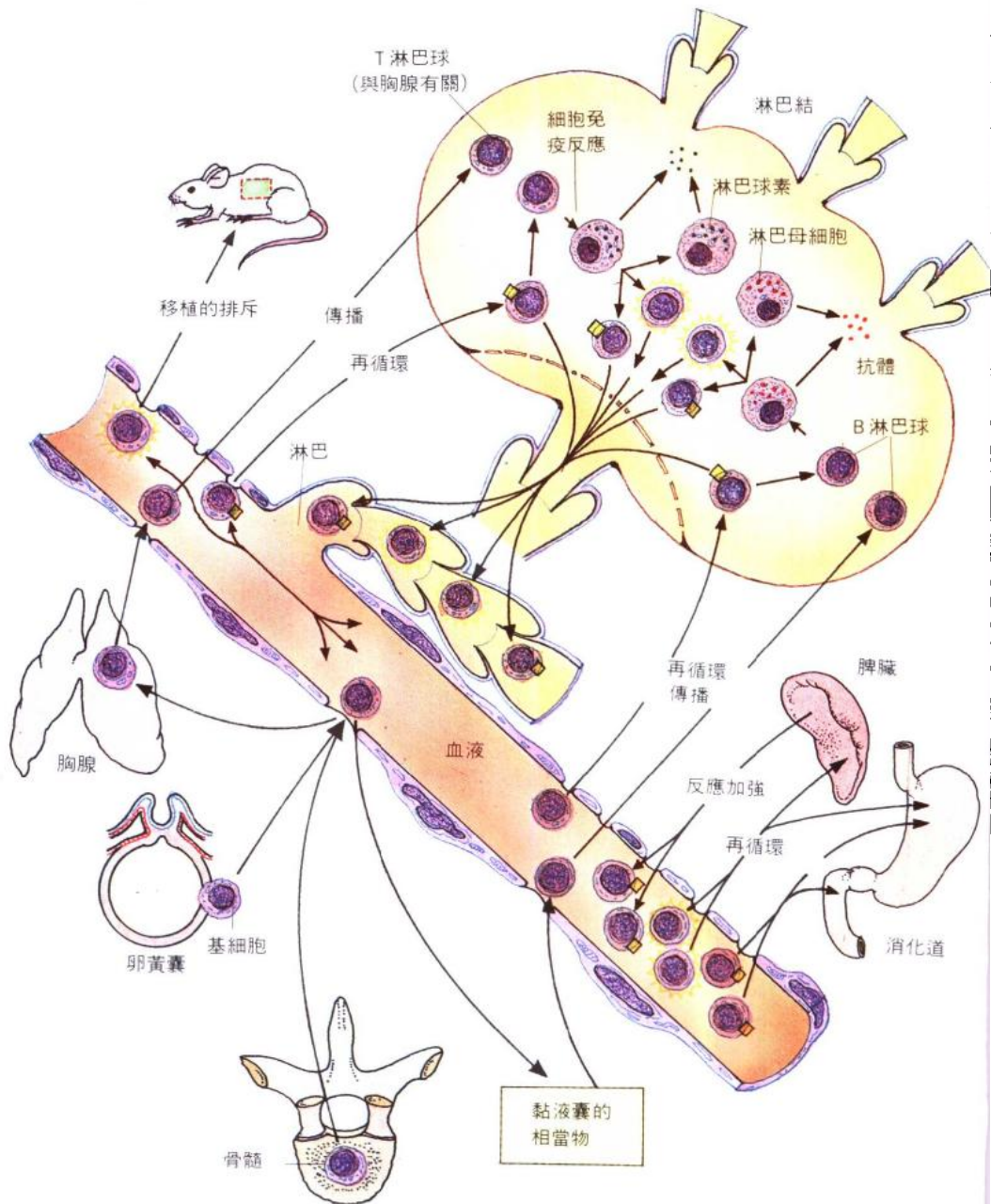
以醫學的觀點來看，免疫就是外來物質如病毒、細菌和某些微生物所產生的毒素，進入人體後，人體對它們所產生的種種反應。由定義可知，免疫即是體內對抗如天花、麻疹等入侵者的防衛能力——不管是長期性或只是短期。免疫作用常被認為對外來物質有反應，但是它對外來的組織(如器官的移植)、癌細胞也有反應，甚至對自己體內某些物質也會有反應(如自體免疫的病例)。

免疫系統有兩大反應：一是細胞性免疫(cell-mediated immunity)，一是體液性免疫(humoral immunity)。細胞性免疫的基本單位是一種特殊的白血球——T淋巴球(T lymphocyte)。一旦T淋巴球和外來入侵者接觸，淋巴球即變形成活躍的戰士，來抵抗入侵者。這種細胞會在某些特殊的組織或位置中，攻擊外來物質，並分泌出一種叫淋巴球素(lymphokine)的化學物質；這一類的化學物質可以召來更積極的防衛細胞——巨噬細胞(macrophage)，以吞食外來物質。細胞免疫的另一功能，則是激發或壓制體液性免疫系統。

抗體系統

免疫系統中另一基本單位是為抗體。簡單地說，抗體就是血液中的保鏢。抗體也稱作免疫球蛋白(immunoglobulins)，是由B淋巴球製造出來的複雜蛋白質分子。當外來物如病毒引起免疫反應，就會隨之產生一連串複雜的生化反應。

抗原是指入侵體內的外來分子或粒子。每一抗原分子(不管是病毒、細菌或毒素)都有很多個活躍的化學基，稱為抗原決定位(antigenic determinant)。這化學基正



上：圖示淋巴球的分化和循環。源自基細胞(stem cell)、胚胎、卵黃囊或骨髓的淋巴球，經血液流入胸腺和黏液囊(bursa)內，在這二處分化成T淋巴球或B淋巴球。

一旦再進入血流中，便集中於淋巴器官(如淋巴結、脾臟等)中；在這些地方從事分裂，而在抗原入侵後再分化。B和T淋巴球都會產生免疫反應。

如指紋一般，使每一類的抗原有其獨特性——也是其相對抗體作用的位置。

抗原一旦進入體內，常跑到血液中，故遲早會流經淋巴結或脾臟。在淋巴結或脾臟處，抗原的化學指紋會被另一種特殊分化的白血球——B淋巴球(B lymphocyte)所辨認，其辨認的方式還不甚清楚。不管怎樣，此種淋巴球可以分析、闡釋出抗原決定位的化學結構和組成。一旦淋巴

球完成了辨認程序，它就變成一種有分裂複製能力的細胞。

抗體的製造

這種自我分裂的淋巴球以驚人的速率，不斷地分裂繁殖。所產生的子代淋巴球已經有抵抗原來抗原的能力，而新的淋巴球也可以不停地繁殖，所以其總量增加得很快。這些細胞中，有的繼續分裂成已經註

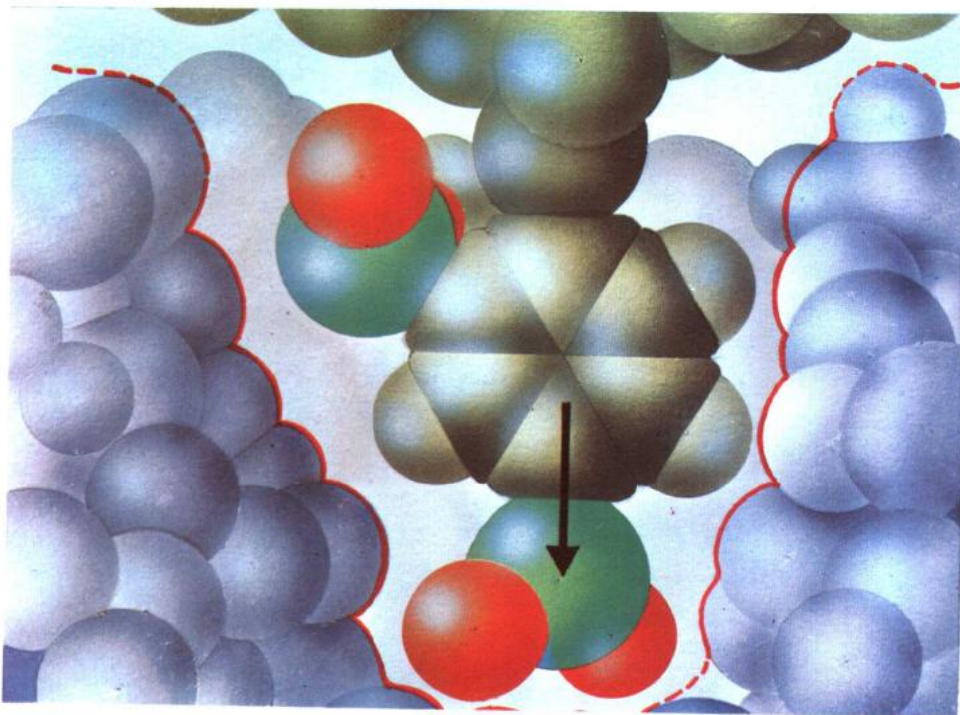
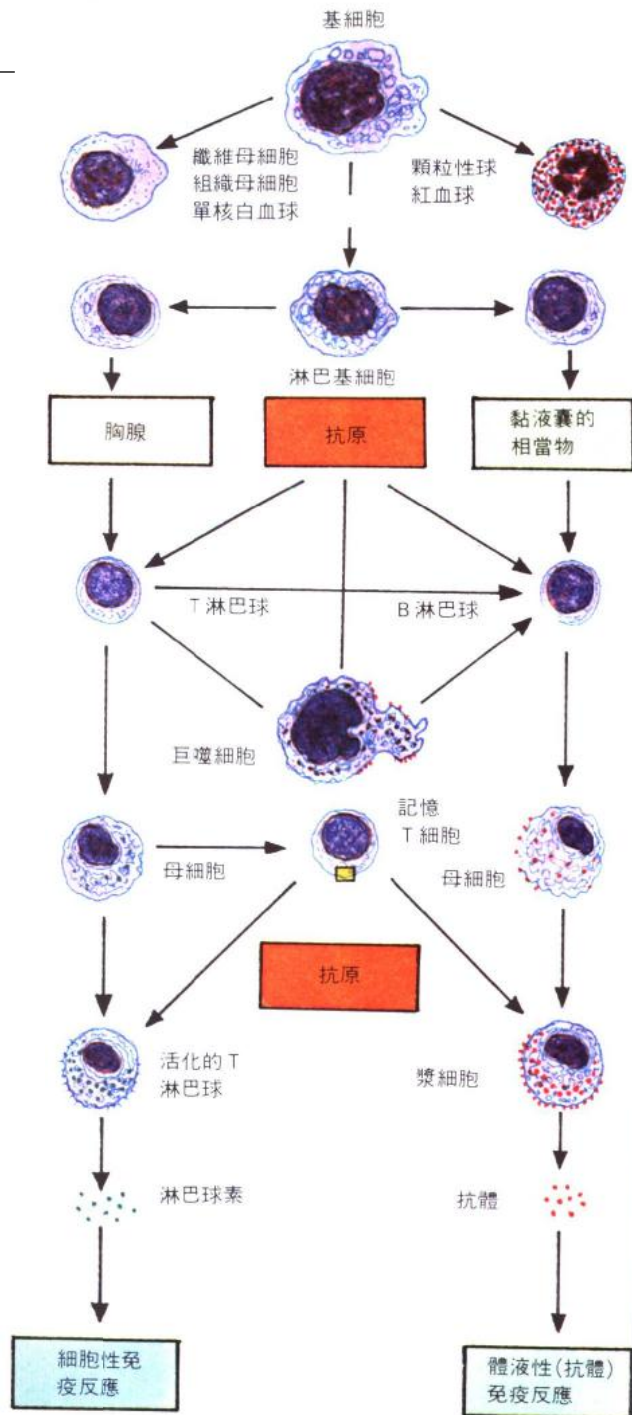
定對抗某抗原的淋巴球，而有的則變成會製造抗體的漿細胞(plasma cell)。漿細胞會製造出專對原來抗原有效的抗體，這些抗體都含有可與抗原決定位相結合的特殊構造；抗體產生後，便進入血流中，與抗原反應，和抗原緊緊結合。抗體能有效地攔住抗原，中和抗原破壞身體的能力，並將抗原排出體外。如果入侵範圍很廣泛，則抗體就會在很多地方製造出來；然而要此免疫系統完全達到其效用巔峯，大約需要兩個星期。

免疫系統會對已經入侵過體內的所有物質，建立起一套生化檔案系統。在很多例子中，體內對某一單一型式的抗原——如麻疹——會有一種生化性記憶(biochemical memory)，有了這樣的記憶，體內就會「記得」怎樣去產生正確的抗體，而使此個體日後得以免疫。在某些例子中，如流行性感冒病毒，常常改變其抗原上的指紋，所以在每一流行季節中，免疫系統都必須製造新的抗體。免疫力也可以用疫苗接種來引發，就是把已死或減弱的病菌打入體內，使體內產生抗體。因為免疫系統

是針對入侵者的形狀和化學性而反應，並非針對其行為，所以即使是死的病毒也可以刺激抗體產生，使體內對疾病具有免疫力。

因生病復原或疫苗接種後才產生免疫力的，稱之為主動免疫；這時，體內會主動地對真正的入侵者(或是有刺激作用的入侵者)有反應。很小的幼兒或動物，因其免疫系統尚未發育完全，於是無法對入侵者有足夠的抵抗力。他們之所以能生存下來，是因為他們可得到來自母體的抗體，直到他們可以自己製造為止。這種方式得到的免疫則稱之為被動免疫，沒有了這種免疫能力，幼兒的生存將十分困難。

右：免疫系統的功能：兩個基本器官為胸腺和黏液囊的相當物(bursa equivalent)：



上：圖示抗體工作情形
抗體會結合於抗原上，
而中和抗原。

右：西元1721年在波士頓區域，天花流行時的天花注射登記記錄。在 280 位接種的病患中，只有 6 人死亡，可能是對疫苗產生反應之後果。病患年齡由 9 個月到 67 歲：

Their Ages.	Persons inoculated.	Had the Small-Pox by Inoculation.	Had an Im- perfect small pox.	Had no Ef- fect of Inoculation.	Suspected to have died of Inoculation.
From month to 1 year old.	06	06	00	00	00
2 to 5	14	14	00	00	00
5 to 10	16	16	00	00	00
10 to 15	29	29	00	00	00
15 to 20	51	51	00	00	01
20 to 30	62	60	00	02	01
30 to 40	44	42	00	02	01
40 to 50	08	07	00	01	00
50 to 60	07	06	00	01	02
60 to 67	07	07	00	00	01
Total	244	238	00	06	06
Inoculated by Drs. Kely and Thompson in Roxbury and Cambridge.	36	36	00	00	00
Total	280	274	00	06	06

冶金 Metallurgy

什麼是冶金？在解釋這個名詞之前，讓我們以噴射引擎的內部情況為例，慢慢導入正題。高壓、高熱的氣體從引擎中噴出，顯然地，製造這種機械的材料，必須具有高度的堅韌性。事實上，噴射引擎的許多零件都是用一種稱為超合金的材料做成的。這類超合金的成分是以鎳和鉻為主的合金。在自然界中，根本沒有所謂的超合金的存在；也就是說超合金是人類為了某種特殊用途，所製作出來的合金。這個超合金的製作過程就是冶金的一個例子。一般所謂「冶金」，包括自鐵礦中採礦石、提煉、加工到最後的金屬成品。因此，冶金是一門涵蓋範圍非常廣泛的科學。

離脈石和金屬礦。此外，也可將礦石經過特殊化學處理，使我們所要的金屬礦具有附著在氣泡上的能力；那麼只要在礦石和水的混合物中通入空氣，產生氣泡，金屬礦就會藉氣泡而浮到水面上，然後用撈取方式便可很容易地完成選礦的工作。

以鎳成分為主的礦石，則利用浮漂選礦法。另有些例子得利用更複雜的選礦過程，例如對磁性物質，使用化學浸溶法分離。

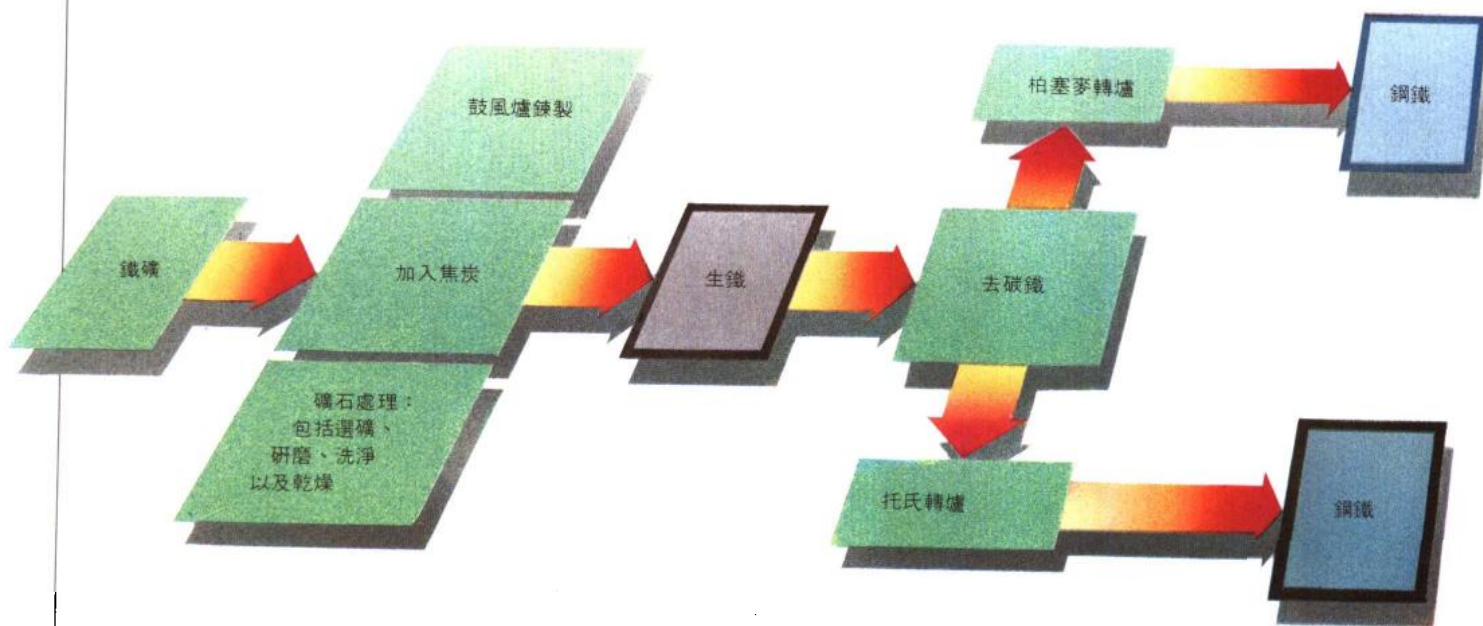
萃取

一旦金屬礦與脈石分離後，金屬就可自金屬礦中萃取出來，其技術可分為三類，

礦法，將鎳的硫化物和銅的硫化物分開，然後再用第二種萃取技術來純化鎳的硫化物。

第二類的萃取法就是所謂的電氣冶金學(electrometallurgy)它是利用電流分解金屬化合物，使金屬在電極表面沈澱下來，以純化金屬。但是，浸在溶液中的電極必須含有我們要純化的物質。例如，對鎳而言，在行電氣冶金法時，有一個電極是硫

鋼鐵生產過程的流程圖，由鐵礦萃取開始。實際上，鋼鐵是一種鐵和碳的合金，此外還加入其他一些少量的金屬，使鋼鐵能具有更多的特點，包括抗腐蝕性，以及高張力強度。



選礦

金屬在自然界中多不以純金屬的狀態存在，而是與其他元素組合成複雜的化合物，這些化合物，或者也稱為礦物，是構成地球內部岩層各種礦石的主要成分。而挖礦的主要目的，則是將礦石聚集在一起，然後自礦石中提煉出金屬。在提煉之前，必須先將金屬礦物與其他以非金屬為主，稱為脈石(gangue)的物質分開，這個過程就是選礦(mineral dressing)。

選礦過程的第一個步驟，是將礦石搗碎；搗碎後的礦石易於將金屬礦物從脈石中分離，於是這個過程就稱為方便選礦(beneficiation)。

選礦的基本原理是因為脈石和金屬礦的密度不同，而利用重力來分離。首先將搗碎後的金屬丟在水中，由於脈石和金屬礦具有不同成分的粒子，密度不同，因此，在水中停留的位置也不相同，如此就可分

主要取決於金屬礦中金屬的種類；但即使主金屬一樣，萃取法仍和金屬礦中的不同化學組成有很大的關聯。而一般最常見的萃取技術，得使用熱，因此這一類的冶煉方法稱為高溫冶金術(pyrometallurgical process)。高溫冶金術並不像一般熔化金屬礦那麼簡單，在很多例子中，高溫冶金術是將金屬礦先經煅燒，然後產生某種特定的化學反應；例如對鎳礦而言，鎳常和鐵、硫結合在一起，在煅燒過程中，鐵和硫都被氧化而除去。礦石經過煅燒過程處理後，再將它熔化，這時礦石中大部分的氧化鐵會形成一種玻璃狀的非金屬副產物，稱為熔渣，可用刮取方法除去；剩下的物質稱為黑渣(matte)，再進行柏塞麥氏製鋼法處理(Bessemerized)，利用強迫空氣通過熔化了的黑渣，來增加純度。在鎳的這個例子中，黑渣仍然含有鎳和銅的硫化物，我們可以再有一次搗碎和浮漂選

化鎳，另一個電極則是由純鎳做成的，當精製過程開始，硫化鎳因電流通過而分解，分解產生的鎳則在鎳電極表面沈澱下來。

第三類萃取法，是利用化學浸溶法來純化；這類技術稱為濕法冶金學(hydrometallurgy)，例如氨氣常用來萃取鎳礦石，最後可得到非常純的鎳粉末。

合金

金屬純化後所得到的純金屬具有某些特定用途，但很少有純金屬能適用於各種用途；因為一般純金屬都很脆，而且，純金屬很少有特殊性質可適用於特殊狀況，例如對高溫阻抗性大的金屬才可適用於高溫。因此，純金屬常加入少量的其他物質來改變金屬的性質。假若加入的少量物質也是金屬，則得到的物質就稱為合金，而加入的少量金屬稱為合金試劑；原本多量

的純金屬就稱為本體金屬(base metal)。至於加入的合金試劑如何改變本體金屬的性質，是可以預測的，因此，可藉控制合金試劑的種類及加入的量來增加本體金屬的硬度或抗腐蝕性，或者也可藉由合金的方法使本體金屬易於加工。

合金是冶金學很重要的一環，冶金學家常常不斷地嘗試金屬間各種新的組合方式，企圖得到更好的合金以符合更多的要求。以鎳為本體金屬的超合金就是這個領域中，試驗效果最好，也是最成功的合金。一般來說，合金大多含有3~4種金屬，超合金甚至可含有10種金屬。但

是，各個合金試劑間必須控制適當的比例。

金屬加工術

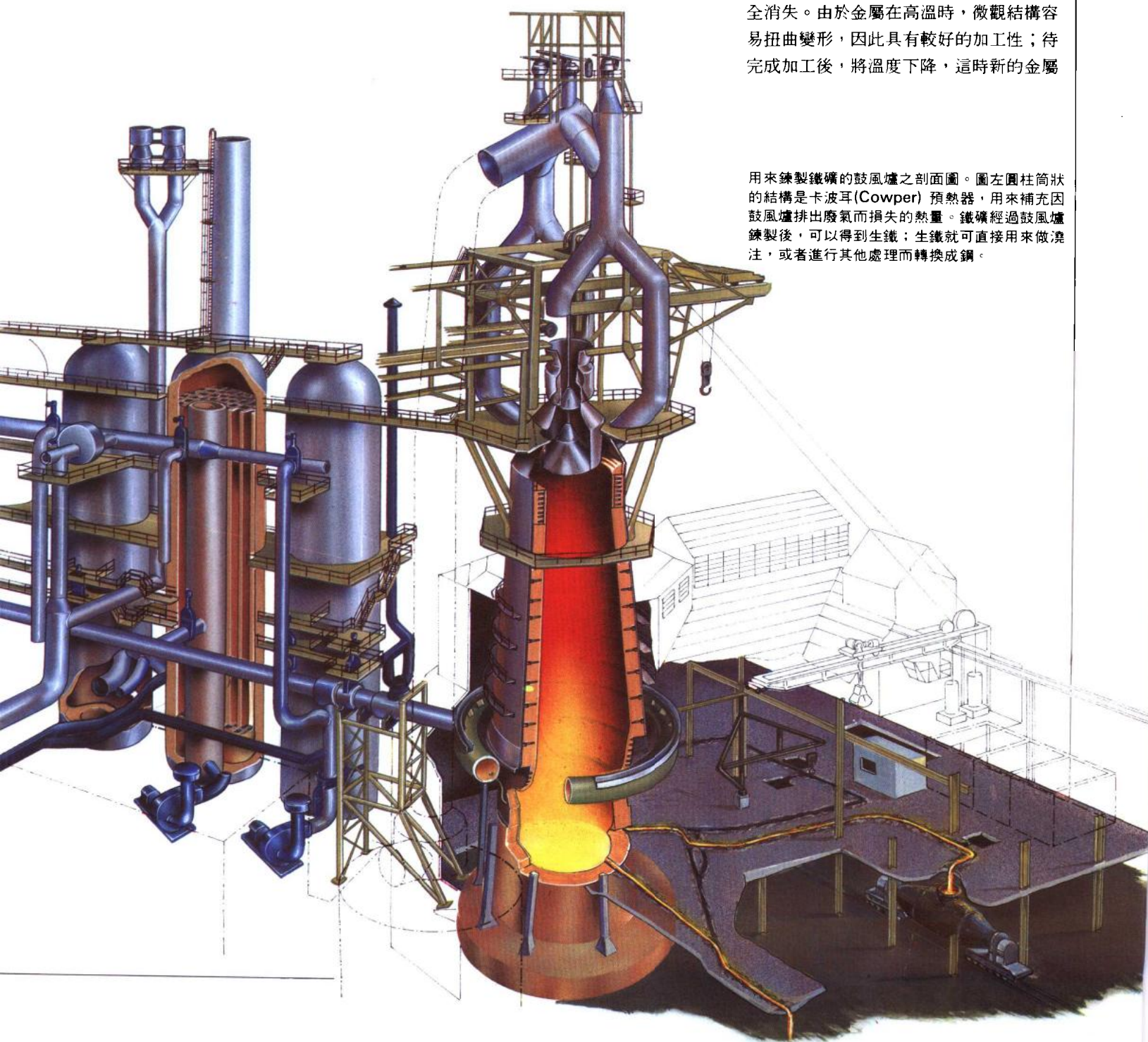
一旦合金製好之後，為了某種特殊用途，就必須將合金加工製成某種形狀，以符合要求。金屬形狀的加工技術也是非常重要的，因為不同加工技術，會使最後成品的硬度改變。

金屬加工有兩種基本方法。第一種是所謂的澆注法，這個方法的典型步驟是將熔融金屬液倒入模型中，當金屬開始固化，就將模型移開，留下的金屬鑄件就具有我

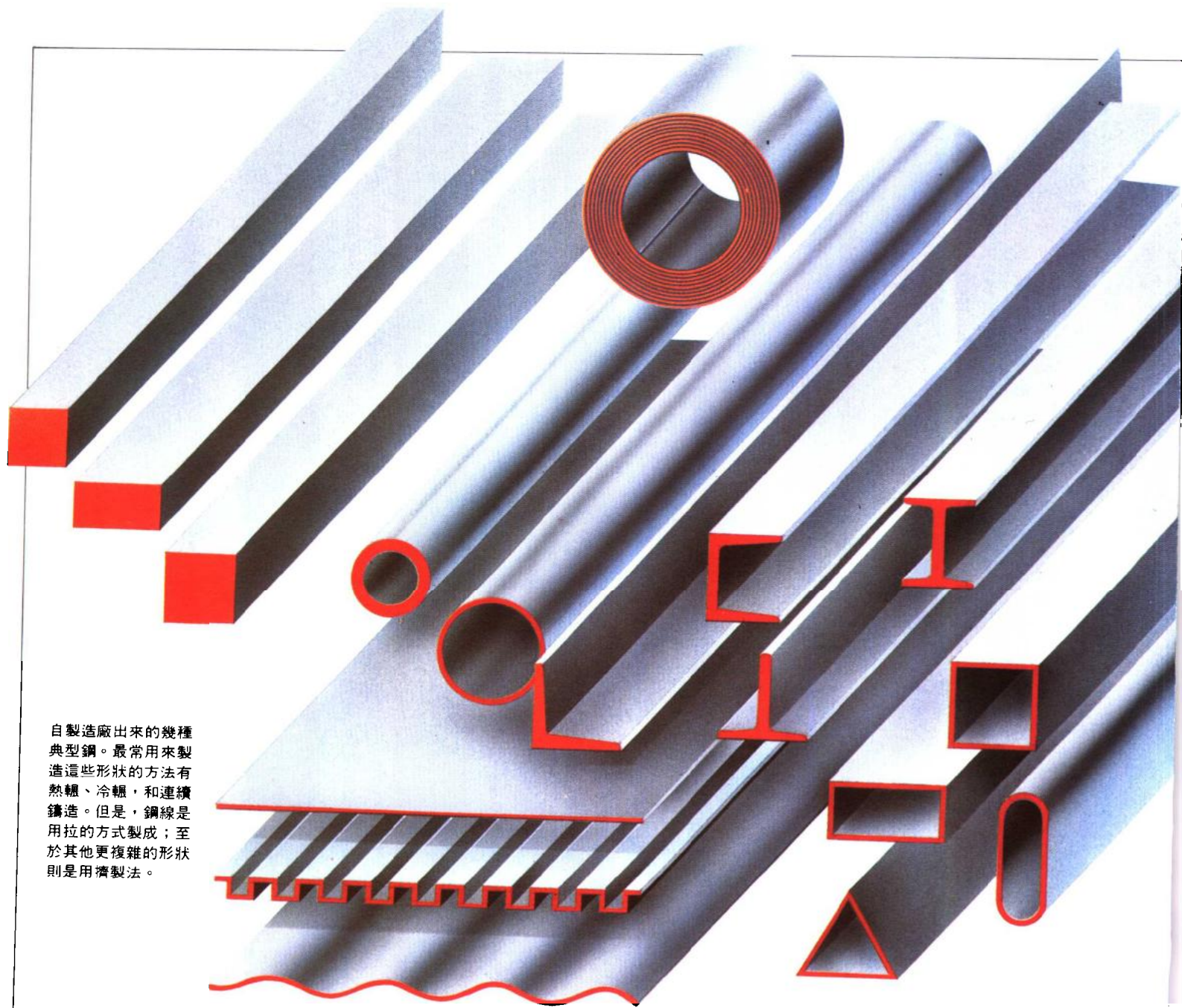
們所需要的形狀。澆注法也可用於粉末狀的金屬，它的步驟是這樣的，先將金屬粉末壓入模型中，然後燒熱，這時金屬粉末並不是熔解，而是藉著燒結的方式，使金屬粉末連結成鑄件。

第二種方法，是利用機械力將金屬製成我們所需要的形狀。如此所得稱為鍛製品(wrought product)。舉例來說，金屬可放在鐵砧上錘打，或由輥輪擠壓，或自孔洞中抽引。

根據金屬鍛製的溫度不同，可分為冷作及熱作。假使是冷作，金屬會有特定的結晶構造；相反地，如果是熱作，金屬的晶體結構容易改變及變形，而至熔點時則完全消失。由於金屬在高溫時，微觀結構容易扭曲變形，因此具有較好的加工性；待完成加工後，將溫度下降，這時新的金屬



用來鍊製鐵礦的鼓風爐之剖面圖。圖左圓柱筒狀的結構是卡波耳(Cowper)預熱器，用來補充因鼓風爐排出廢氣而損失的熱量。鐵礦經過鼓風爐鍊製後，可以得到生鐵；生鐵就可直接用來做澆注，或者進行其他處理而轉換成鋼。



自製造廠出來的幾種典型鋼。最常用來製造這些形狀的方法有熱軋、冷軋，和連續鑄造。但是，鋼線是用拉的方式製成；至於其他更複雜的形狀則是用擠製法。

晶體開始生成。至於冷作，則是金屬晶體結構被破壞，並重新排列。然而，不論是冷作、熱作，晶體結構的改變都可增大金屬的強度。

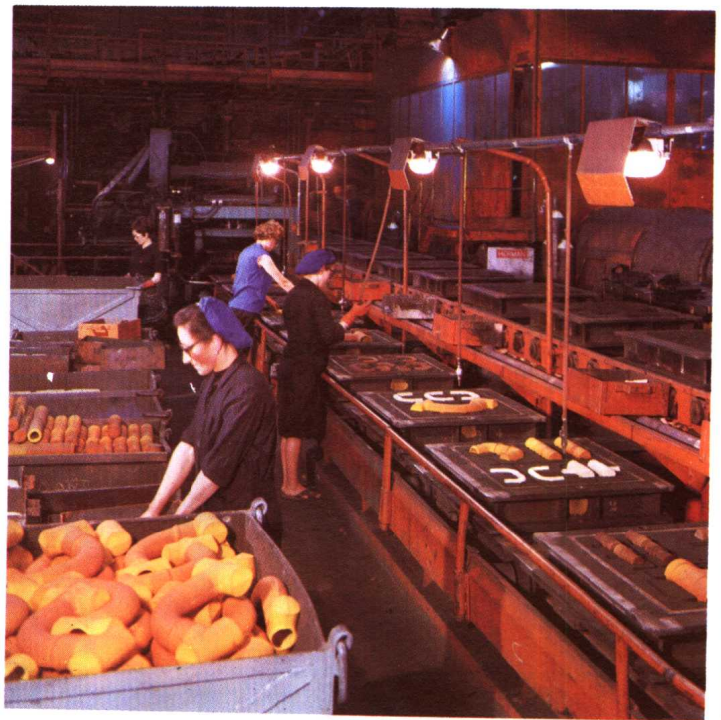
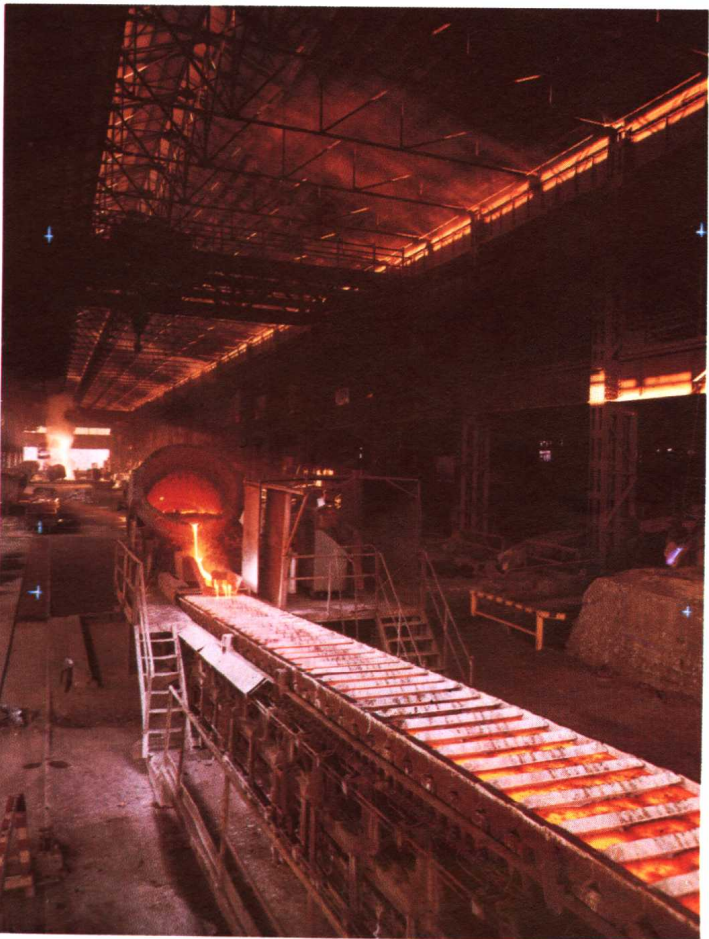
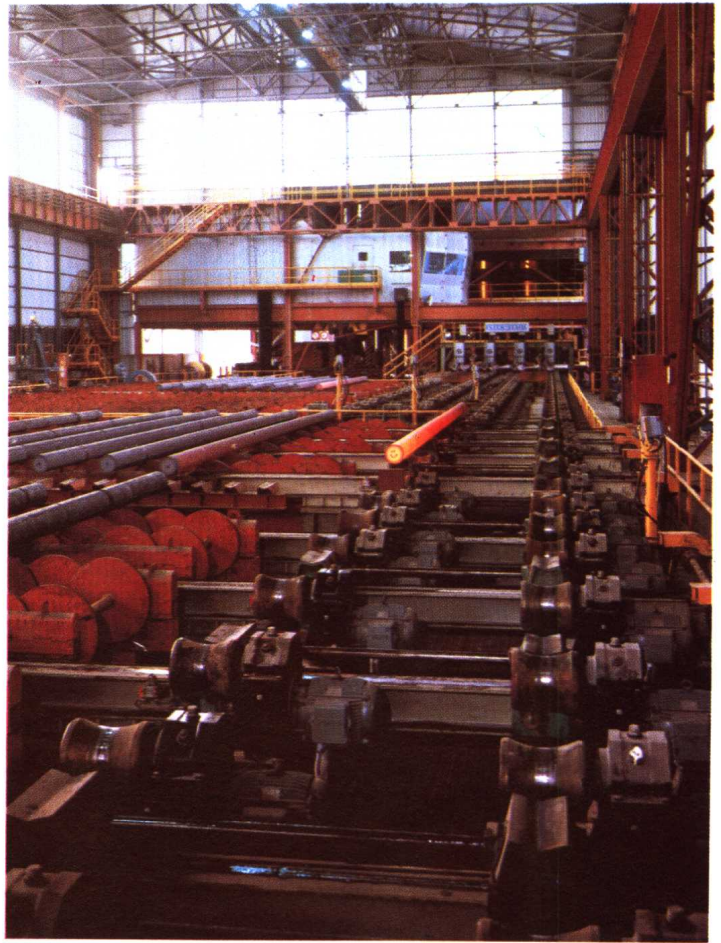
若將金屬加熱至某一特定溫度後，停留一段時間，改變金屬的晶體結構，然後冷卻下來，金屬強度常會因而增加。很多金屬產物都是經由精細控制的加熱、冷卻程序處理而得；這一點對於合金更是重要，因為合金含有各種不同成分，很容易因為一些熱的變化而產生非常複雜的內構造。因此，超合金在做熱處理時，就必須更精確地控制溫度，才能保證不致於破壞它的強度。

物理冶金

冷作可以增加金屬強度是遠在數千年前就已得知的事實，然而它的原因却到了西元 1890 年左右，才有個概略的了解，因為科學家直到這時候才有金屬結晶內層構造方面的知識。事實上，所有的冶金過程都可用微觀結構來解釋，而研究這方面的知識即稱為物理冶金 (physical metallurgy)。

物理冶金這門科學涵蓋範圍很廣，綜合了化學、物理學、熱力學和其他科學。如果我們研究物理冶金時，著重在金屬的晶體結構，則有兩種特別有用的方法，其一是相圖 (phase diagram) 的利用，所謂相圖是有關各種不同的金屬組合，在什麼樣的溫度下，會呈現出什麼樣的晶體結構之關係圖。另一種方法稱為金相法 (metal-

lography)——是用肉眼、顯微鏡或 X 光技術來直接觀察金屬晶體結構。在使用這種金相法時，首先得將金屬樣品經過高度拋光，然後用酸蝕刻樣品的拋光面，而顯露出晶體結構，接著在特殊的光線條件下，看出晶體的結晶形狀。另外，對某一特定金屬，不同結晶相也會影響它對腐蝕性的抵抗力，或其振動性質，甚至對其承受某特定應力時間長短有重大的影響。此種疲勞壽命 (fatigue life) 也是有關產品品質的一重要係數。因為不僅對於那些需要高度承載力的材料——例如超合金渦輪的螺旋翼，需要疲勞壽命長的特點外，即使對於工形鋼架、造船用的銲接鋼板，甚至在飛機等航空器上所用之鋁板，也都需要有良好的抗疲勞性。



冶金上的一些基本技術，由左上順時針方向，分別是：連續澆注製造廠中使用的杓子；由熱軋方法製得的鋼棒；製造砂鑄模，圖中這種砂鑄模是用來做鋼管用；鐵錠、鑄鐵的澆注。

冷凍 Refrigeration

在現代化的冰箱發明之前，易腐敗的食品很難保存。人們必須用鹽漬法、乾燥法或醃漬法保藏肉類和蔬菜，否則常會吃到腐敗的食品而引起疾病，十九世紀發明的早期冰箱，只不過是一個裏面放有冰塊的隔熱箱子，最新型的冰箱則是依據蒸發-壓縮原理設計的，以下先說明這個原理。

蒸發-壓縮循環

冰箱的食品保藏室是絕熱性很好的一個空間，可以將冷空氣保持在裏面，而將熱空氣隔絕在外面。在冰箱內部的背面有一個金屬線圈，叫做蒸發器，其中裝有循環的流體稱為冷媒(refrigerant)。金屬線圈是一個極佳的熱導體，食品保藏室中的熱量，可被金屬線圈中較冷的冷媒吸收；這個過程稱為熱交換(heat exchange)。冷的液體冷媒由線圈的一端進入冷藏室，從冷藏室吸收熱量，直到冷媒達到沸點，轉變為氣體，再由線圈的另一端流出冷藏室。氣態的冷媒經電動馬達驅動的壓縮機壓縮之後，進入另一個稱為凝結器(condenser)的線圈，其構造和蒸發器(evaporator)完全相同，所不同的是，外面是

室溫的空氣。在凝結器裏，熱的冷媒流體將它在冷藏室所吸收的熱量放出，傳給周圍的空氣，成為冷的液體，再重複這個蒸發-壓縮的循環。

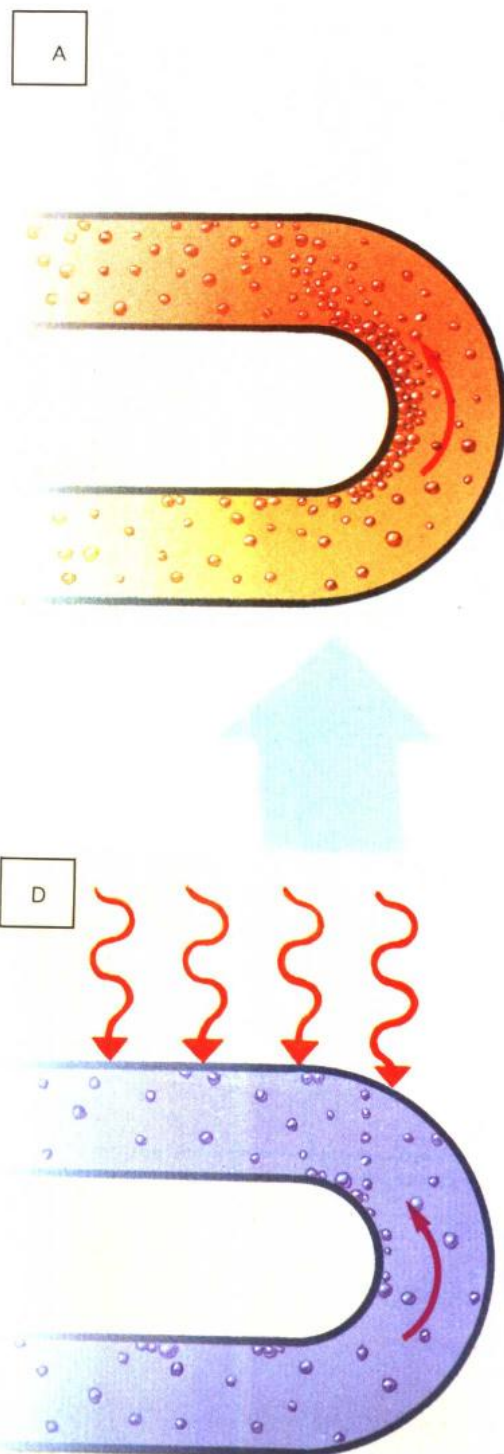
冷藏的原理

冰箱的操作牽涉到幾個基本的物理學定律。第一，任何液體蒸發成氣體需要能量，例如我們煮開水就是用瓦斯爐或電熱爐做熱源。第二，液體的沸點與其表面所承受的壓力有關，在高壓下的液體，其沸點有升高的現象，例如高壓鍋中的水，其沸點較正常為高。

冷藏基本上是將熱量由一個地方(冷藏室)取出，並轉移到另一個地方(透過液態的冷媒再傳給周圍的空氣)。這種連續的循環操作稱為冷藏循環。當室溫、高壓的冷媒通過膨脹閥時，就開始蒸發；因為通過膨脹閥後，壓力驟然降低，冷媒的沸點也降低，可從冷藏室吸收熱量。用做冷媒的液體沸點都很低，必須比冷藏室所訂的最低溫度更低，否則就不能在適於保藏食品的溫度蒸發，並吸收冷藏室的熱量。

冷媒膨脹氣化時，可吸收熱量，使冷藏

室的溫度降低，然後由連結管流出冷藏室，再經壓縮、凝結成液體，將其中所含的熱量傳給周圍的空氣。因此冰箱的背後摸起來常有溫熱的感覺。這種蒸發-壓縮的程序循環不斷，直到冷藏室的溫度降到我們所預定的溫度為止。當冷藏室的溫度達到要求時，室內的定溫裝置可發生作用，將馬達關掉。



許多流體可用做冷媒，依目的和該系統所需要的溫度而做選擇。左：表列常用冷媒的熱力學性質。右：圖示冰箱的作用方式，和冷媒在管路中幾個點的狀態。管路包括：1)壓縮機、2)凝結器、3)膨脹閥和4)蒸發器。圖表示剛從壓縮機流出的氣態冷媒，處在高溫(60℃)高壓(10倍大氣壓力)下(A)；在凝結器裏冷卻(45℃)並液化(B)；通過膨脹閥後，冷媒進入低壓(0.5倍大氣壓力)狀態，可迅速膨脹並冷卻至零下18℃(C)；此時可從冰箱的內部吸收熱量(D)；再流回壓縮機。

代號	化學名稱	分子式	沸點 (℃)	蒸發能 (仟卡/公斤)
R 170	乙烷	CH ₃ CH ₃	- 88,6	115,8
R 290	丙烷	CH ₃ CH ₂ CH ₃	- 187,1	101,5
R 717	氨	NH ₃	- 33,3	326,6
R 718	水	H ₂ O	100	537
R 729	空氣	—	- 194,5	48
R 744	二氧化碳	CO ₂	- 78,5	129,7
R 764	二氧化硫	SO ₂	- 10,0	102,7
R 1150	乙烯	CH ₂ =CH ₂	- 103,7	114,4
R 1270	丙烯	CH ₃ CH=CH ₂	- 47,7	104,7
R 11	三氯一氟甲烷	CCl ₃ F	23,7	43,5
R 12	二氯二氟甲烷	CCl ₂ F ₂	- 29,8	39,9
R 113	三氯三氟乙烷	CCl ₂ FCFClF ₂	47,7	34,5
R 114	二氯四氟乙烷	CClF ₂ CClF ₂	3,5	32,8
R 22	一氯二氟甲烷	CHClF ₂	- 40,8	55,9

通常冷藏室的溫度都保持比冰點略高幾度，這樣食品才不致於結冰，而細菌和微生物的生長却會受到抑制。冷凍室的溫度則較低，大約在零下 18°C 左右，可使微生物停止生長，適於食品的長期保藏。

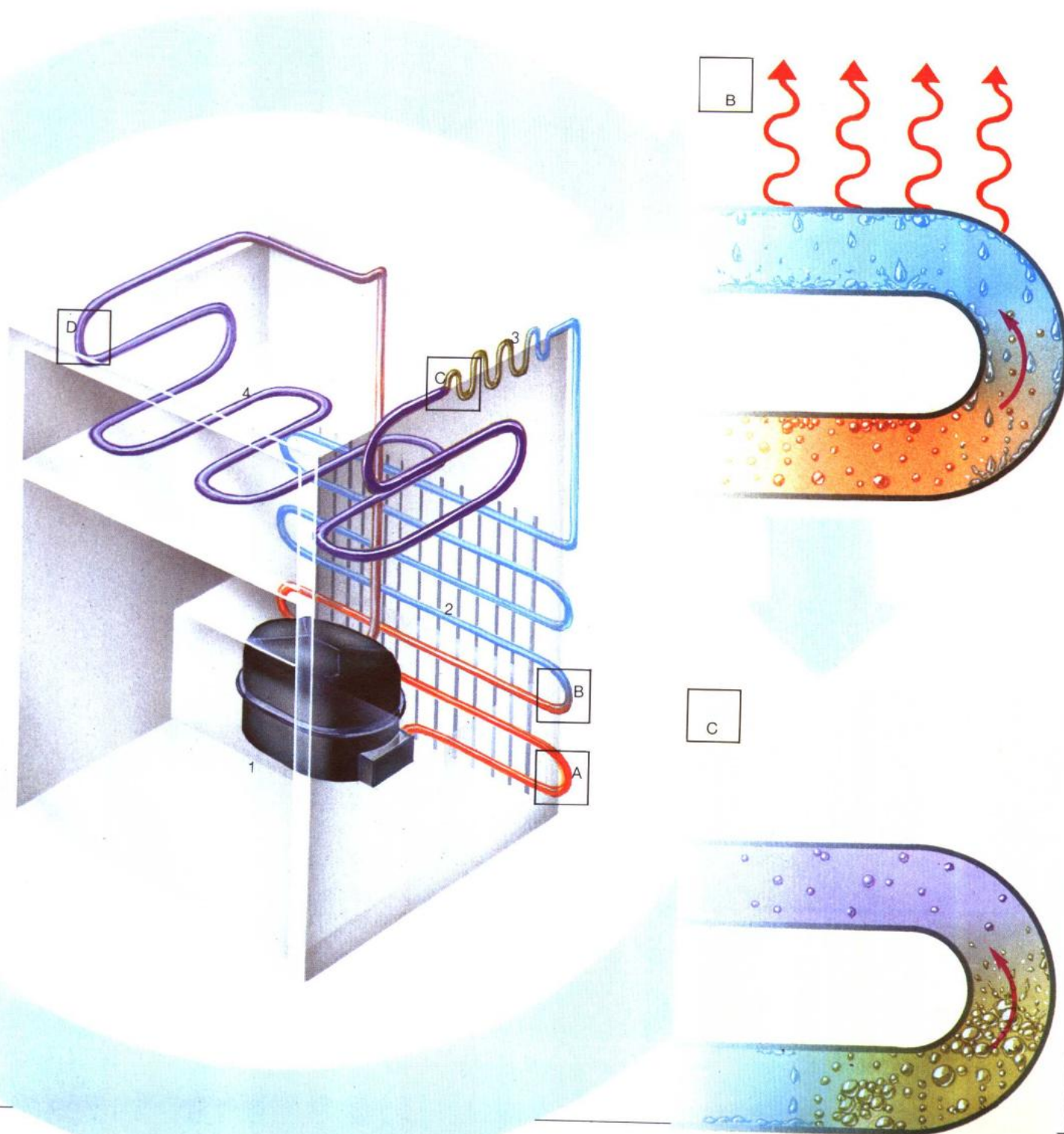
有些冰箱附有乾燥過濾器，可除去水分和雜質，這是一種連結在冷媒管路上的金屬管，其中裝有極易吸濕的矽膠和一個杯

狀的進口濾網，這種裝置可防止雜質的堆積，阻塞蒸發器，妨礙冷媒的流動。

吸收式冷藏法

另一種較少用的冷藏法是利用吸收的原理。先用水吸收冷媒蒸汽，通過一個叫做蒸發器的小空間，然後將水加熱，隨著溫度的升高會有蒸汽逸出，然後將蒸汽壓縮

轉變成液體，液體通過一個線圈，將熱量散發給周圍的空氣。生成的冷水再循環吸收更多溫熱的蒸汽，如此循環不已。由於這種方法需要加熱，效果比操作簡單的蒸發式冷藏法差。



冷凍乾燥 Freeze-Drying

冷凍乾燥法雖然是一種複雜的食品保藏方法，但通常在碗櫃裏就可以找到一個活生生的例子。冷凍乾燥的即溶咖啡在世界各地都相當普遍。事實上，咖啡是最早商業化的冷凍乾燥產品之一。這種方法是在第二次世界大戰期間開發出來的，當時主要是用來保存人類的血漿。

冷凍乾燥法是先將食品或其材料冷凍，然後再除去水分，幾乎可將食品或其他材料裏的水分完全除去。像這樣除去水分，或稱脫水，可防止細菌和酵母菌等微生物生長，因此食品可在室溫保存及運輸。也許是因為這個方法不會干擾食品的分子結構，冷凍乾燥法是目前最成功的食品保藏方法，在保留食品的風味方面，效果勝過製罐法、醃漬法和加熱脫水法。

冷凍乾燥的基礎

液體最容易施行冷凍乾燥，製造咖啡就是一個很好的例子。將沖泡的咖啡，包括

水和溶解的固形物，放在一般的冷凍機裏，直到完全凍結。將凍結的咖啡取出磨碎，然後轉移至一個特製的低壓真空室裏。標準大氣壓相當於 76 公分的水銀柱壓力，而真空室裏的壓力很低，有時低到只有大約 100 微米的水銀柱壓力（1 微米是 1 公尺的百萬分之一）。這個壓力低於水的三相點（triple point），在這個溫度和壓力，水的三相（冰、水和水蒸氣）可同時存在。

昇華

當溫度和壓力的條件符合時，只要稍微將凍結的咖啡顆粒加熱，就會發生昇華的現象。昇華是指一種物質直接由固態轉變為氣態，而沒有經過液態的中間過程。在標準大氣壓下常見的昇華例子就是乾冰發出的煙霧，這是由固體直接轉變為氣體的現象。

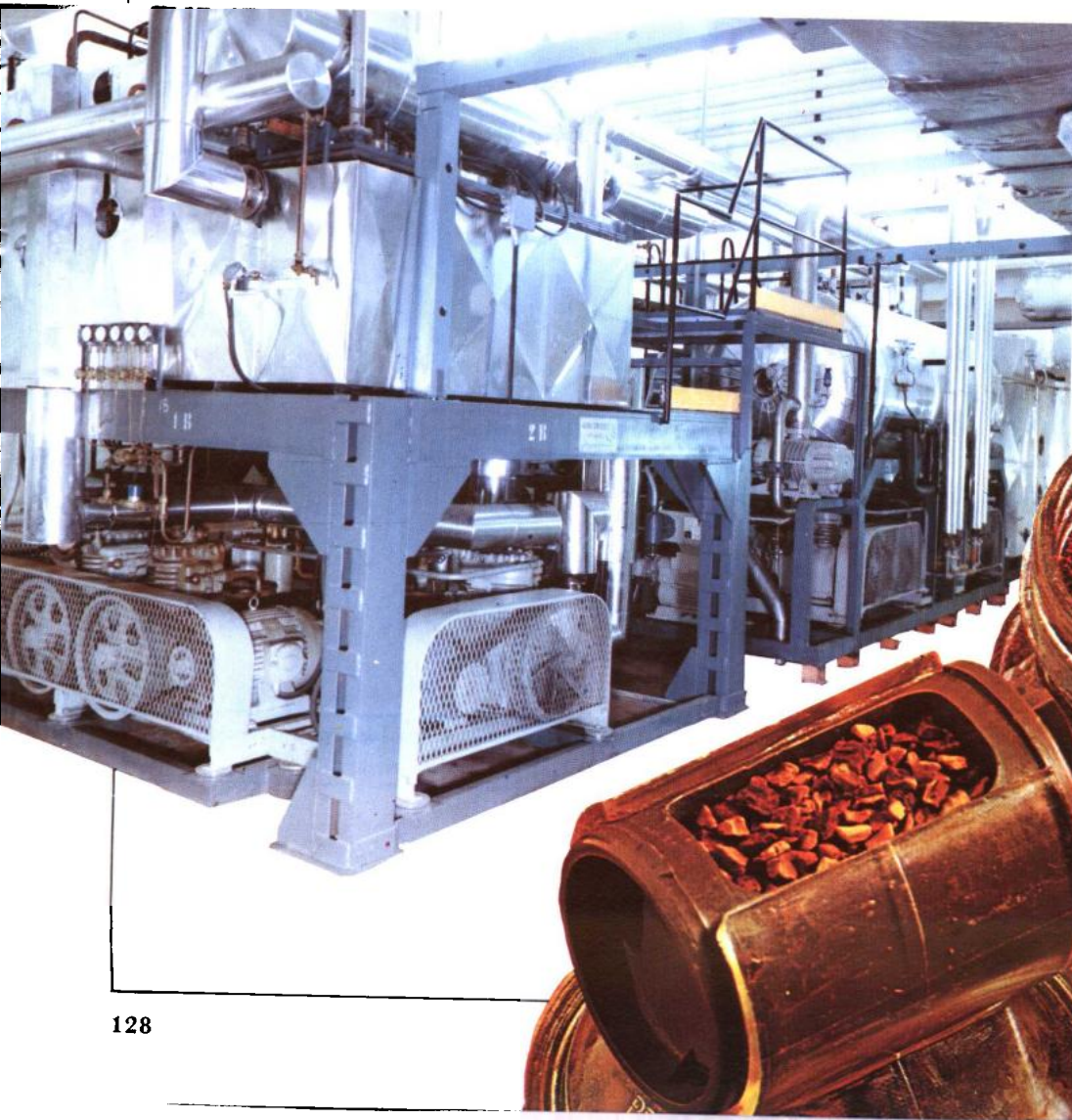
在真空室裏的咖啡也發生類似的現象，

凍結咖啡中的水分，在高度真空狀態下稍微加熱即可直接由冰轉變為水蒸氣而除去。因為冷凍乾燥法所採用的溫度較低，它的優點之一就是在脫水的過程中，食品分子變化很少。這樣不僅可以保持風味，也可以使冷凍乾燥的成品保持多孔性，加水後很容易恢復原狀。

應用實例

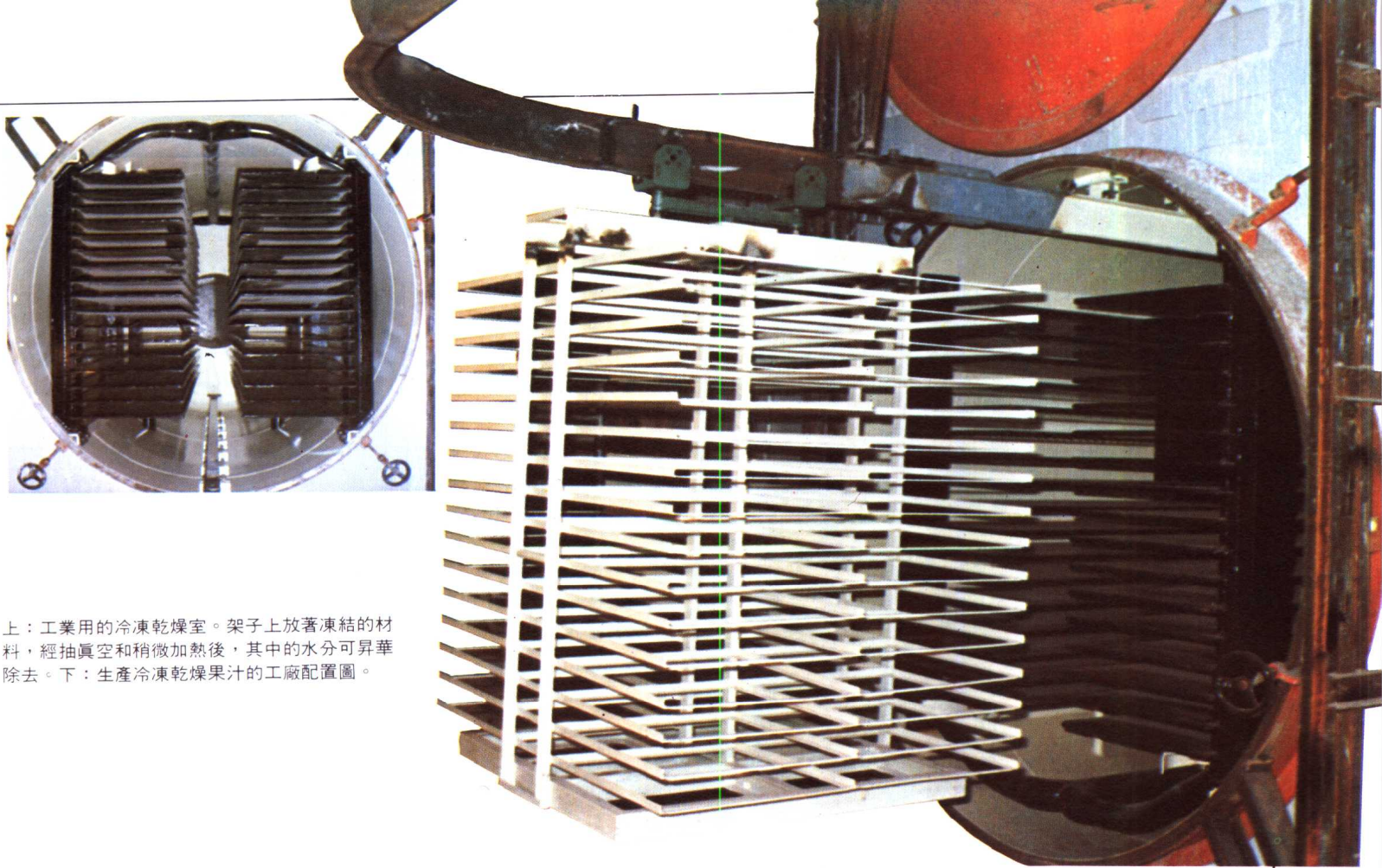
咖啡和果汁等液體都可在 4 小時之內完成冷凍乾燥。湯和燉菜等半固體食品由於含有未溶解的固態材料（小塊的牛肉和蔬菜）則需要 12 小時。脫水的露營食品就是採用冷凍乾燥法製造的，重量輕、體積小，用沸水一沖便可恢復原狀。

冷凍乾燥法在製造抗生素和牛痘疫苗等醫療藥品方面也相當重要，因為冷凍乾燥法之低溫脫水不會破壞醫藥品中活性成分的分子結構。

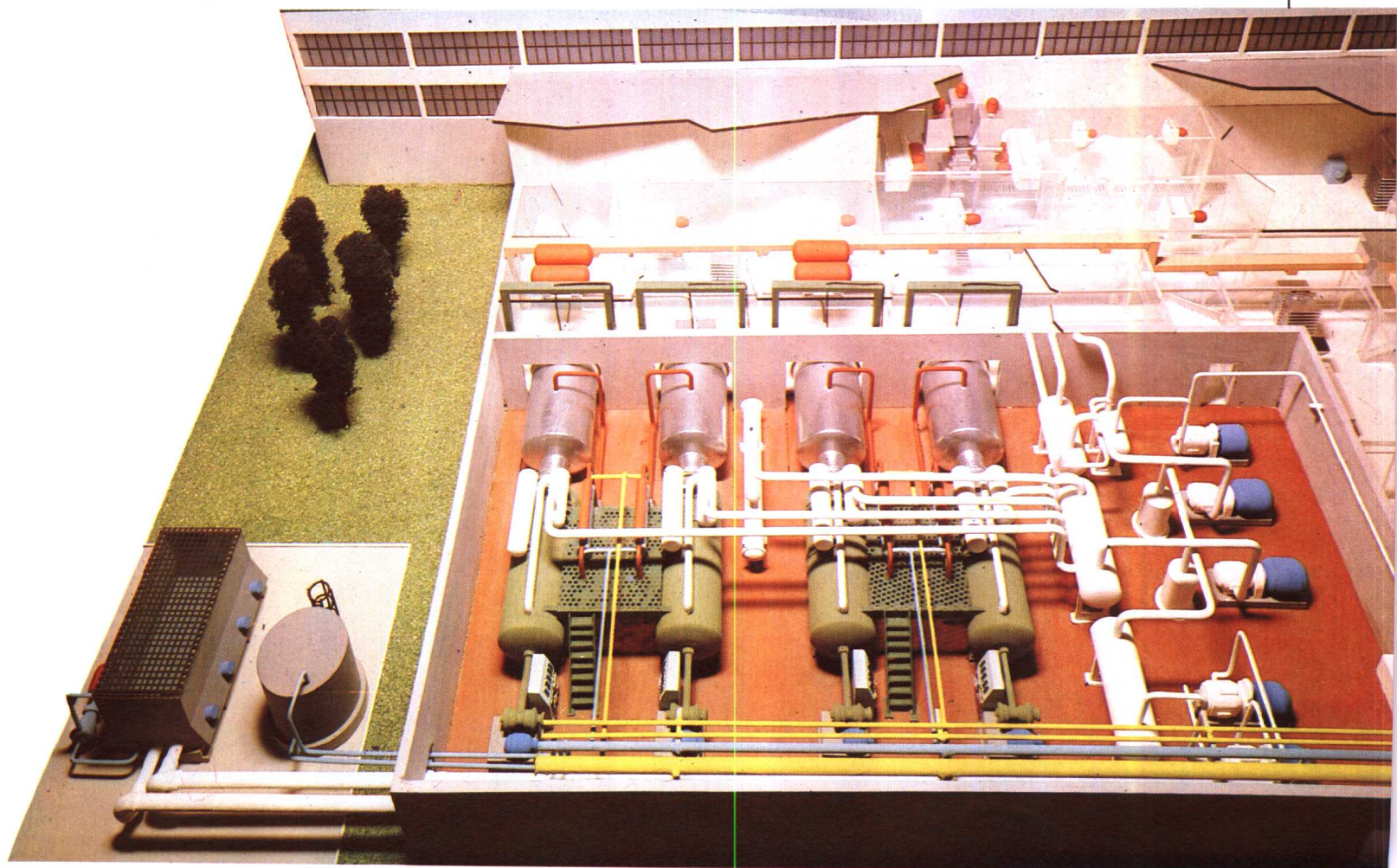


左：藥品的冷凍乾燥工廠。下：兩種不同的冷凍乾燥咖啡產品。冷凍乾燥產品必須保存在密閉性良好的包裝裏，至少也要保存在較乾燥的地方，因為這種產品容易從空氣中吸濕，使品質變劣





上：工業用的冷凍乾燥室。架子上放著凍結的材料，經抽真空和稍微加熱後，其中的水分可昇華除去。下：生產冷凍乾燥果汁的工廠配置圖。

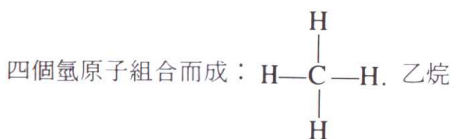


冷媒 Freon

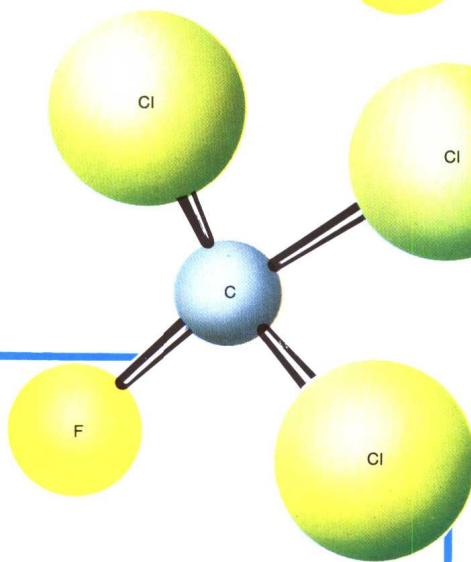
在西元 1930 年，有一系列相關的人造化學品在實驗室中誕生，這些多用途的化學品有一個商業名稱，統稱之為冷媒。從此以後，它們被應用到家庭上或工業上，這些應用包括電冰箱、空氣調節裝置、噴霧器、以及滅火器等裝置。

冷媒的化學

冷媒是結合鹵素(halogen)與甲烷及乙烷的化合物。甲烷分子是由一個碳原子和

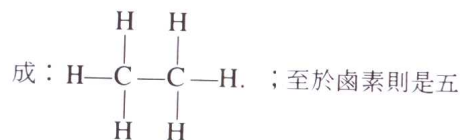


這是兩種最常被使用的冷媒化合物(分別是F-11及F-12)，它們都是以氟和氯取代甲烷的氫而成的化合物。



右：冷媒氣在工業上常被用做清洗及乾燥的處理時用。圖中展示一台以冷媒作溶劑的乾燥機及脫水機。

分子則由兩個碳原子和六個氫原子組合而



個相關元素所組成的族羣，他們分別是氟(fluorine)、氯(chlorine)、溴(bromine)、碘(iodine)、砹(astatine)。彼此之間都有相似的特性，都很容易和其他族羣的元素結合反應。鹵素元素中最輕的是氟，它單獨存在時是一種極危險的劇毒物質，同時它的活性極強，可和任何物質，甚至是木頭或空氣，起劇烈的化學反應，因此在自然界裏，氟是不可能單獨存在的，必須在實驗室的化學反應中與其他元素分離或結合。氯和溴是鹵素族的第二及第三個元素，它們和氟都是被用來製造冷媒的鹵素元素，它們可以取代甲烷或乙烷分子上的氫原子。

如何使用冷媒

冷媒具有某些特殊的物性及化性，可以供人們使用，它們的化性相當穩定，不會隨便與其他物質起化學變化，由於它們的這項優點，所以被拿來作噴霧劑(aerosol)的推進劑，在藥罐中它們不會影響藥的成分，而能穩定地存在藥的混合體中。當然，這並不意味著這些罐中的冷媒會使鐵罐容易生鏽，更不會招來一些微生物的

噴霧劑內的碳氟化合物推進劑是否會破壞臭氧層，一直是人們爭論的焦點。這種冷媒藥劑一旦受太陽能照射就會起一系列的化學反應，而造成破壞臭氧分子的結構。

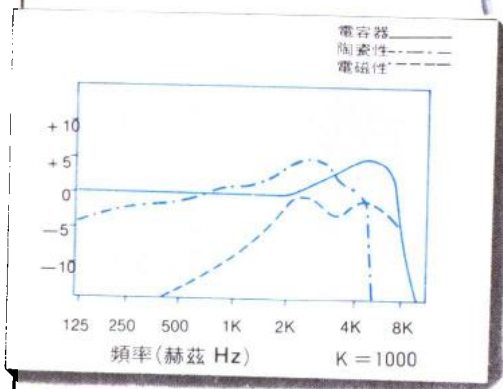
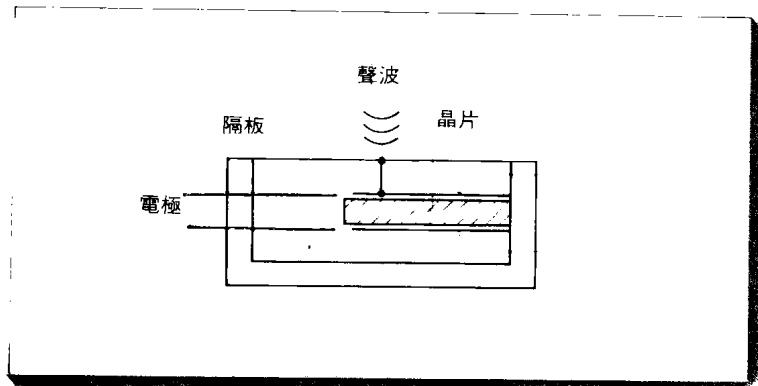
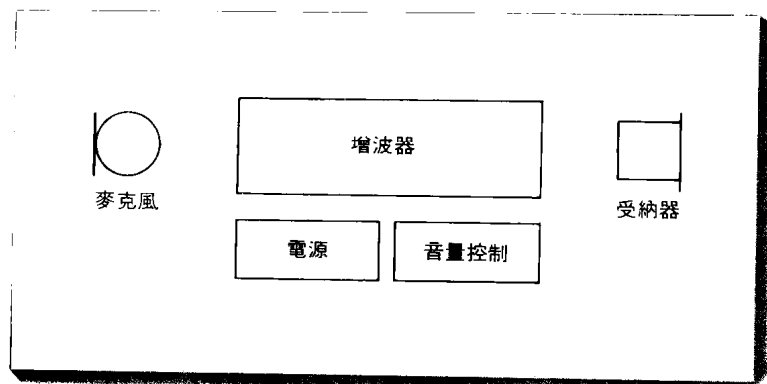
太陽的輻射

噴霧劑罐

助聽器 Hearing Aid

很多聽覺方面的問題，是因為負責聲波傳送的外耳與中耳功能有了障礙而造成的。聽覺功能障礙可能是由於聽道有了阻塞；這樣的功能障礙就如同骨牌一般，只要一處有了障礙，則從此處以下的功能便完全喪失。例如，常見的老年耳聾(deafness)——耳硬化(otosclerosis)，即是中耳長了一塊骨組織，因此阻礙了聲波的傳遞。

因聲波傳遞不足所引起的聽覺障礙，稱為傳導性聽覺喪失(conductive hearing loss)，通常可以外戴助聽器加以矯正。最早期的助聽器是耳筒，其構造與用法類似平常的漏斗；使用者在使用時，將它放在耳朵旁以增加外耳的接收面積。聲音由耳筒的寬口處收集，匯集之後進入耳筒的窄口處，再進入耳道中。如此即可產生夠強大的振動來震動耳膜，向內傳到內耳處。



最上：助聽器與其麥克風。麥克風接收到聲音後，由增波器來調節其音量。

上：不同種類的麥克風特性的比較。



上：在學校中常用的助聽器。左邊是一個縮小的無線電傳送器，可以接收音波。右邊是受納器，可連接在學生所用的助聽器上。使用者可依據耳聾的程度，與老師音量的大小來調節，以適應個人的需要。

電子助聽器

現代的電子助聽器是以耳筒的基本操作原理為基礎所製造的。這些電子助聽器主要分成三大部分：一是麥克風(microphone)，一是增波器(amplifier)，一是受納器(receiver)。這些設備都針對人類說話的頻率——每秒約 400~4,000 赫茲(hertz)所設計的。聲音經由空氣振動而經過麥克風接收後，再轉換成電流。電流經過增波器放大後，傳進受納器，再把電流轉成聲波，此時的聲音比原來的音量要

來得大。此外，還有一種經由骨骼傳遞的受納器，直接振動頭骨，而不需經過中耳，以藉著對頭骨其他部分的振動，直接把聲波傳到內耳。

在西元 1950 年代，早期大型而佔空間的耳機與電子助聽器已經被精巧且靈敏的儀器所取代。現代的受納器可以附著在耳朵上，而連接著極輕且大小可放入口袋中的增波器和麥克風。更有其他的助聽器，整個裝置的大小可以完全附在眼鏡框上。

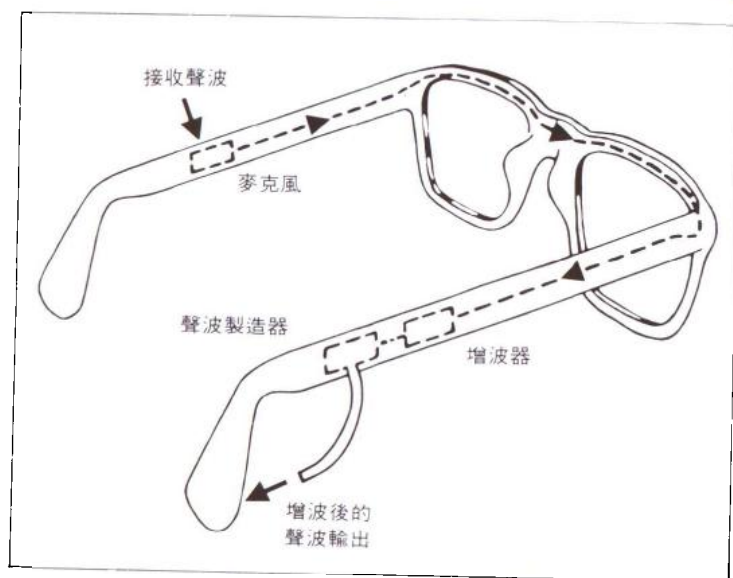
助聽器不僅僅是放大所接收到的聲音，

正如許多大聲而吵雜的播音系統，超過了某一程度的聲波便很難分辨清楚。因此，助聽器還可以把聲波減弱到人類能清晰分辨的範圍內。如此，音量的大小，可以由使用者加以控制，或是由一組自動調節音量的裝置控制，它能夠調節對耳膜足以產生傷害的振動強度，而變為令人覺得舒適的音量。

感覺神經性聽覺喪失

有關感覺神經性聽覺喪失(sensory

以眼鏡形式出現的助聽器，是把儀器裝備隱藏在鏡框內。這種助聽器以空氣振動或骨骼振動傳導的方法，來執行其功能。



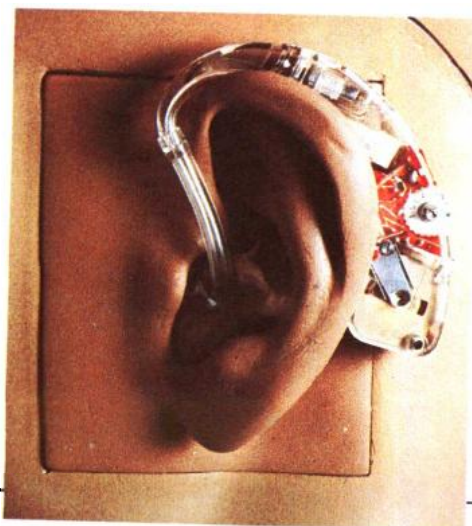
左：眼鏡式助聽器的剖示圖。在鏡框的一邊裝有麥克風，另一邊則裝置增波器。有一小管由鏡框末端突出，伸入耳朵以傳送聲音。



neural hearing loss)的實驗性治療方式，是在耳蝸(cochlea)內植入電極。這些植入內耳的電極，代替受損或喪失功能的神經細胞，產生訊息傳向大腦。就如心臟手術後所用的心律調節器一樣，這些內耳的植入體(電極 implant)也必須隨身攜帶能源供應器。雖然這樣的治療方式已經對不少人做過，但是在科學與醫學的領域中，這種移植法仍未被完全證明有效，且一直是各界爭論的焦點。其中，最受爭論的一點是植入耳內的電極，最多只能有 6 個；然而，正常耳朵傳送聲波則必須要有相當於 36 個電極的裝置。雖然這種方式目前仍在爭論中，且價值過高，而無法普遍推廣，但是可以相信這將是未來治療嚴重耳聾的重要發展領域。

參閱第九冊 212~213 頁換能器(Transducer)。

下、右：最受歡迎的兩種助聽器。銷路最好的助聽器是如右圖般，可以服貼地掛在耳上，這種儀器甚至於對嚴重的耳聾都有相當的助益。另一種助聽器如下圖可完全符合外耳道的形狀而戴用。這兩種助聽器體積都很小，而且適合各種不同病人的需要。



卵 Egg

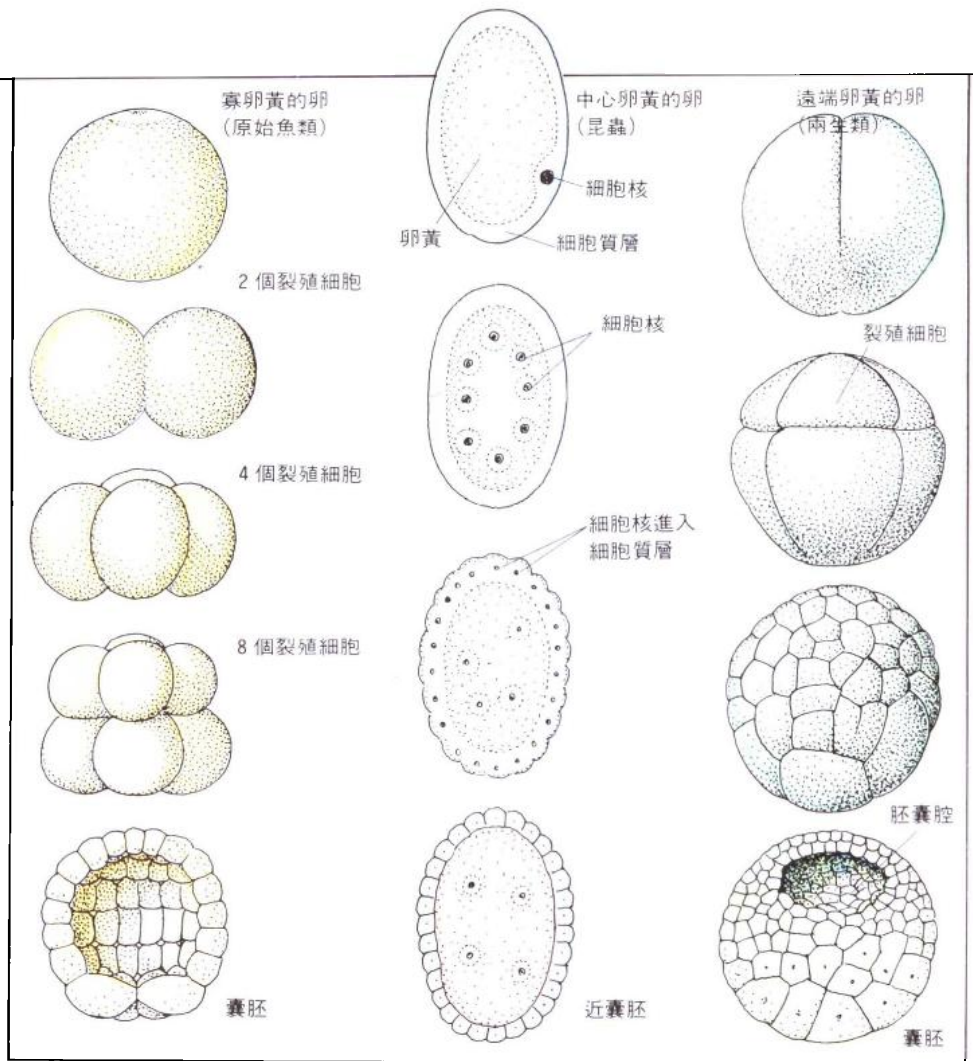
這裏所談到的卵並不只是可以孵化出小雞，或可以煎、煮來吃的蛋而已。事實上，它指的是生命中最基礎的東西。幾乎是所有的生物，不論是魚類、昆蟲、鳥類、爬蟲類(reptile)及哺乳類(包括人類)，其生命的起步都是由單一的細胞開始的——一個雌性的生殖細胞，叫做「卵」(egg 或 ovum)。卵細胞將會與來自雄性的生殖細胞——精子(sperm)相結合，然後再經過百萬次的分裂及分化而形成一個新的個體。這一過程可應用在所有的生物，包括了魚類和人類。

當然，蚊子的卵和人類的卵有許多差異之處，但是在基本功能上，所有種類的卵都是類似的：可以創造一個新的生命，一個與親代類似的個體，但是又具有相當程度的差異性，而使這一種類的生物可以在演化的路徑上，向前跨進一小步。爲了要完成這樣的使命，卵必須具有兩項基本的物質：第一，它必須有組成新個體的「藍圖」，此一藍圖是以化學物質「基因」的形式存在細胞內的染色體(chromosomes)上；第二，卵必須有足夠養分供給新個體的發育。

卵的形成

卵細胞是貯存在女性的生殖器官——卵巢內。在第一階段時，它們被稱作生殖母細胞，和身體其他細胞並無兩樣。在它們的染色體上，貯存著相同的遺傳物質。(每個細胞都含有個體所需的整套遺傳訊息。)

在它們成熟爲卵之前，生殖母細胞要先經過兩大變化：分裂與成長。首先，它們要先像其他細胞一樣，分裂成兩個。但是，又與一般細胞有極重要的不同點。一般大多數的細胞產生新細胞的方法，叫做有絲分裂(mitosis)；細胞內各種成分(包括染色體)會分裂成兩半，而後細胞會分



裂爲二，於是每個子細胞都會擁有與親代相同的染色體(例如：人類細胞有 23 對染色體)。

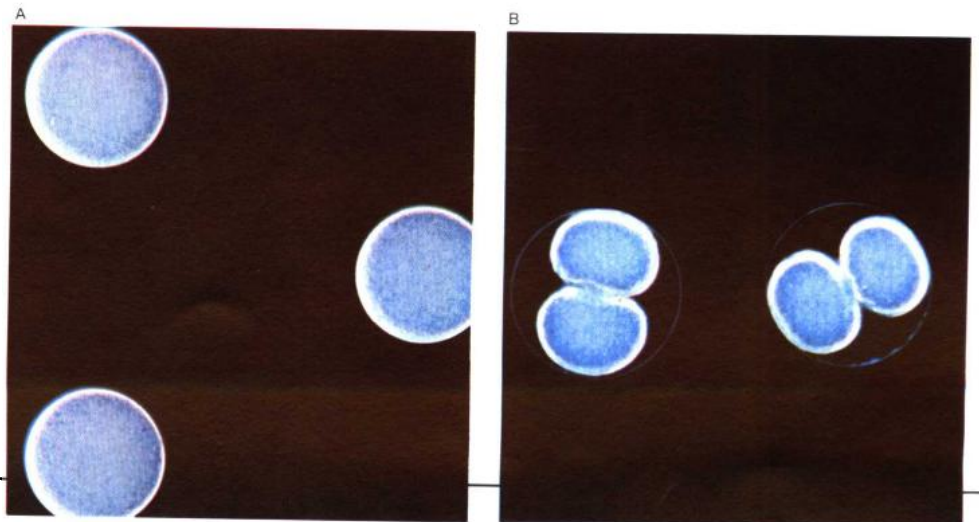
生殖細胞的形成是需要經減數分裂(meiosis)的，它包括兩次分裂，形成四個子細胞，每個子細胞含有原來染色體數目的一半。新個體中另一半的染色體則要由父親的精子來提供。

一旦生殖細胞內染色體的數目減到一半後，細胞就開始成長了。卵細胞通常是體內最大的細胞，例如成熟的蛙卵比原來生

殖母細胞大 27,000 倍。卵之所以變大是因卵內不斷地堆積卵黃(yolk)，這是由蛋白質、醣類與其他物質組成的養分，可供受精後個體發育之用。

卵一旦成熟後，便由卵巢中釋放出來，準備和雄體的精子會合。減數分裂的過程可以保證新的個體與其父母是屬於同一品種，並且擁有父母的特徵。又因爲來自雙親染色體的接合是一種新的排列組合，故所產生的子代也就獨一無二，不會完全相同。

右上：不同種類的卵早期發育的形態——寡卵黃型(oligolecithal)，中心卵黃型(centrolecithal)與端卵黃型(telolecithal)。第一型式指的是原始魚類，第二型式指的是昆蟲，第三型式是像蛙的兩生類。右：海膽卵發育的連續照片。





左：由上到下表示沙丁魚受精卵早期發育的照片。

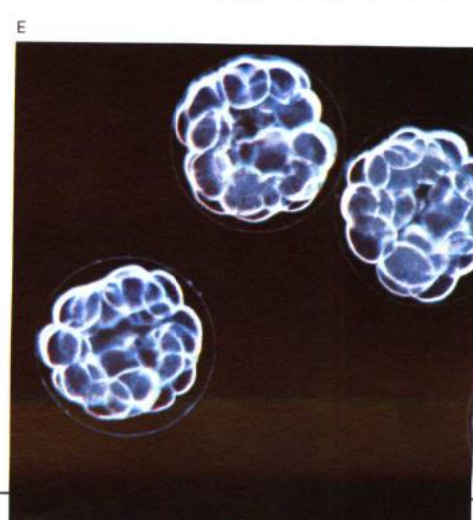
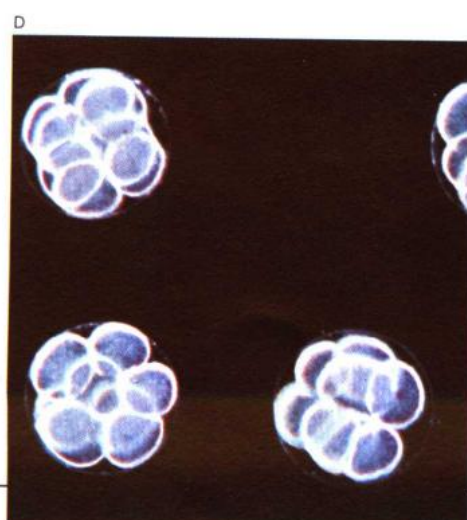
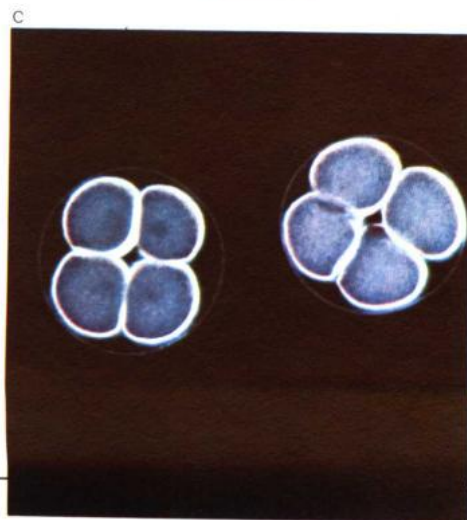
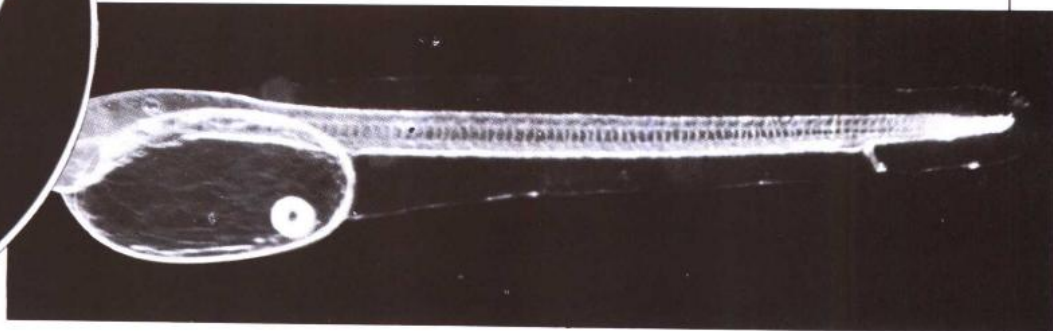
受精

一次產卵的數目、卵的大小、形狀及外膜特性是由卵在何處受精與個體在何處發育來決定的。很多低等動物一次都產生上千個卵，例如翻車魚(sunfish)一季就可產下二千八百萬個卵。這些卵浮在水面上，等待雄的翻車魚游過使牠們受精。因為牠們子代發育的活存率很低，所以牠們要下大量的卵來確保種族的延續。其他的魚有的會照顧牠的卵——例如棘魚還會築巢來保護。幾乎所有的魚卵都是在母體外受精的，但是對海馬(seahorse)而言，則不是如此，雄海馬身上有一小囊，可供受精卵孵化。

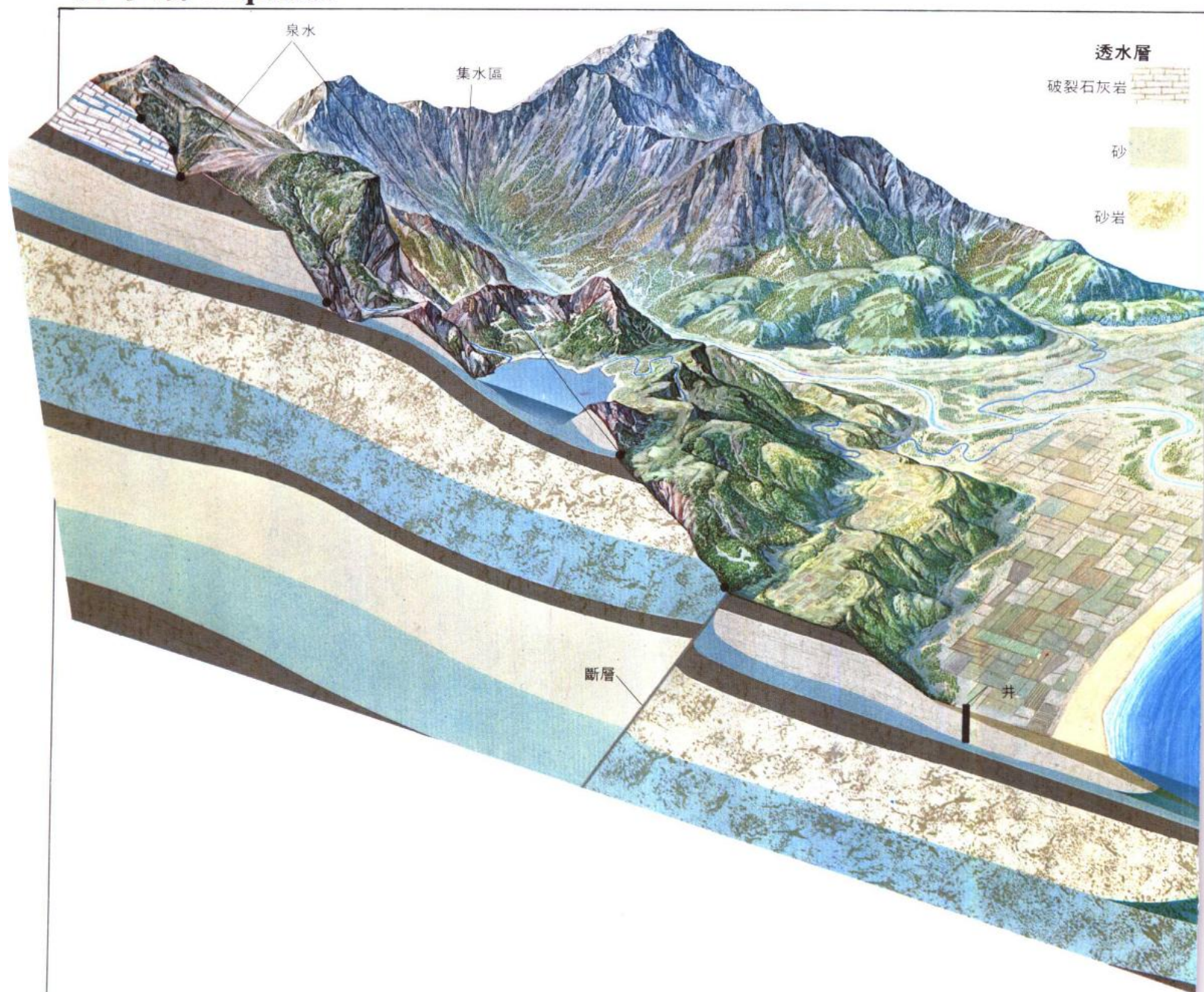
鳥類的卵是在母體內受精的，卵有一供給養分的大卵黃與有保護作用的蛋殼，而且卵是下在有加以防禦的巢內等待孵化。

哺乳類卵的受精與發育都是在母體內。它們的卵都相當小，而卵所攜帶的養分也只夠少許幾天的發育，以後卵便附在母體上，由母體供給養分。

雞蛋內所含的充裕養分不但可供雞的卵發育，對其他生物而言也是極佳的食物，因為其內含有豐富的維生素(除了維生素C外)與礦物質(鈣除外)，還有高量的蛋白質，據估計每個蛋約含有75卡路里。



含水層 Aquifer



約2500多年前，波斯帝國國王大流士 (Darius) 決定給那些在帝國大城市及其臨近開鑿水井的家庭，扣減子孫五代的稅額。雖然此項決定太過於重大，可能嚴重影響國庫收入，但也顯示大流士的遠見；他知道水井可提供潔淨甘美的水給沙漠裏的城市，歷數千年而不枯竭。的確，直到今天仍有許多伊朗(昔日的波斯)城市從當年開鑿的水井汲水。

任何可供應水之多孔隙地層均稱為含水層 (aquifer)，為一種自然水庫。含水層或稱儲水層 (water-bearers)，供應全世界無數地區之需水，為主要之水源。

含水層為多孔隙地層，水可流通其中。其地層常由石灰岩、玄武岩、砂或礫所組

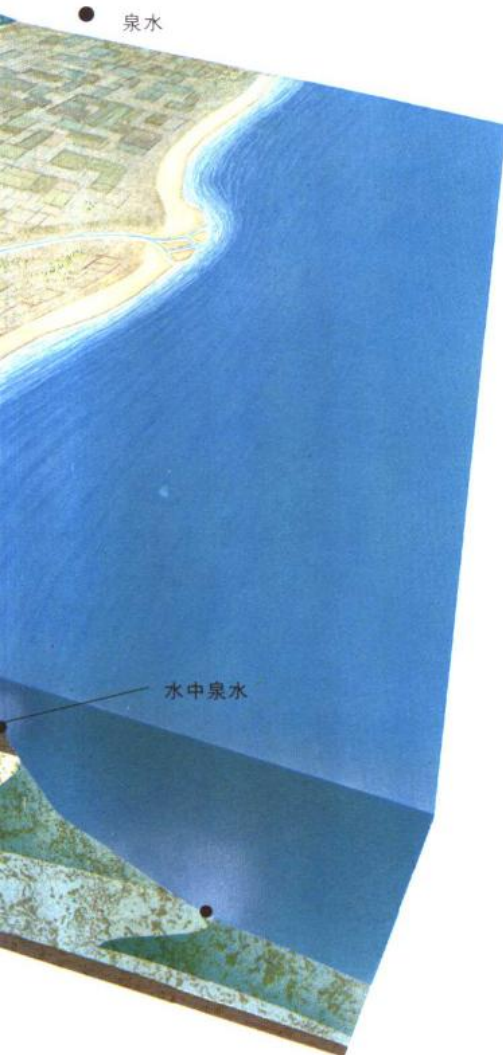
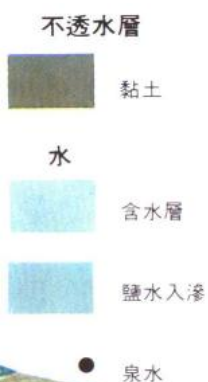
成。此等地層似多孔之海綿，藉其無數孔隙含蓄水分；孔隙互相連通，水可流通其中。水流動得越暢通，表示含水層之滲透性越好。

有些井鑿至含水層，井水可以自流。自流井 (artesian well) 須有特殊地質條件配合。第一是含水層必須夾於兩層不透水層之間，使地下水有如流通於封閉之管道。第二是管道之一側必須向地表傾斜，水可由露出於地表之含水層滲入，再往下滲流到達含水層飽和含水處；地質學家稱此飽和孔隙內之水為地下水 (groundwater)。地下水遭受壓力，此壓力來自周圍水之重量。壓力遍佈地下水中，並作用於不透水層面上。

鑿一垂直坑道通達到地下水，壓力將迫使地下水沿坑道上升。如果壓力足夠，地下水可冒出地表。自流井通常發生於飽和含水層深處，例如含水層局部露出於山坡上，降水由此滲入而鑿井於山腳下平原地區。

大的含水層局部露出於山區者，終年接受降雨和融雪之補充，可以維持自流井之穩定出水率。例如德黑蘭附近，大流士時代所鑿之12口井，一直到西元1930年，仍可供應當時20萬人每人800公升的水。大的含水層穩定地供應今日美國中西部之灌溉用水。

自流井水以質佳而著稱。因為水在孔隙內流動，不淨潔物質沉降在孔隙壁上；亦



即此種過濾作用淨化了地下水。例如置海綿於污水中，取出以手擠壓，滲流出之水變得比較清潔；因為一部分不潔淨物質已為海綿所濾除。

地下水通常是質「軟」的，亦即僅含少量之溶解礦物質。地下伏流與河流相似，可以侵蝕流通管道；然而含水層的存在往往長達數百萬年之久，其中之易溶物質已被洗失，只剩下較不易溶解之岩石材料。地

地表水滲透過砂和多孔或破碎岩石，遇到不透水層，例如黏土或緻密固結岩層，含水層於是形成。當地下水在含水層中流動，被迫流出地表，形成泉水。如果由地表水面下流出，為水中泉水(underwater spring)。

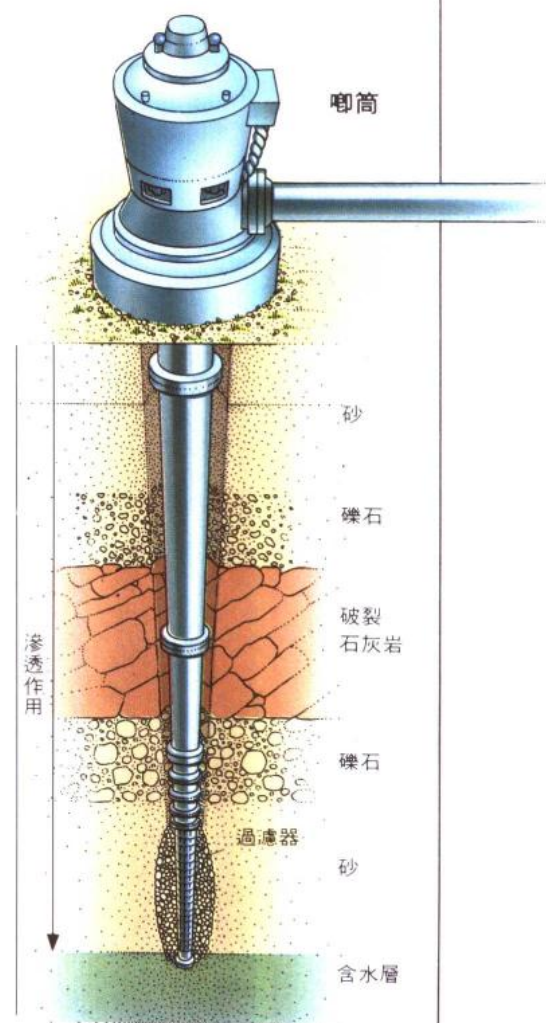
當含水層間夾於二不透水層中，水壓力有時足以迫使井水自流，稱之自流井。常發生於近山腳之平原地區。

水壓力不足以造成井水自流者，必須利用唧筒抽水，抽水之界限約地表下10~11公尺深。超過此界限，常將抽水機置入井底，以壓水代替抽水方式。

下水長久流動而不擾亂含水層，除非人為鑽鑿水井。

抽取太多地下水可能傷害含水層。位於地中海內西西里島南側之馬耳他(Malta)島國，面積僅與許多城市相當，島上並無湖泊作為自然水庫；所幸許多島嶼本身就是含水層，儲存及過濾海水，島民數千年來即藉著水井汲用地下水。然而因人口增加至345,000人，為有史以來之高峯，需求水量超越了含水層之供應能力。過量抽取地下水會導致含水層加速吸取海水，但流經的岩層却無充足時間淡化鹽水。此外，也會導致地下水位下降，數百萬年來充滿水之岩石孔隙漸被空氣侵入。地質學家擔心結果會導致岩石性質改變，嚴重損傷其蓄水能力。此種現象亦發生於其他地方，例如紐約州之長島(Long Island)。

自有人類文明起，含水層就穩定地供應人類無數之飲用水。早在大流士時代以前，地下水就被政府開發和保護。由於人口的不斷增加，有為的政府必須比以往任何時代更致力於此一重要資源之保護。



吸塵器 Vacuum Cleaner

吸塵器，通常也稱為胡佛電動吸塵器 (Hoover)，是歷史上為節省時間而發展出的工具當中最成功的一種。不只因為它是最早出現的家用電器之一，也是因為它自西元 1904 年發明以來的最初設計就非常穩當，一直到現在幾乎沒有經過多少修改。

吸塵器的清潔原理是藉著吸氣的作用，自地板、地毯、牆壁、掛氈、家具和其他不易用掃帚清除污垢的表面，吸走灰塵和乾的髒東西 (包括線、紙屑、鋸屑、頭髮等等)。

下：雖然最早的直立式吸塵器仍然很普遍，而如圖中所示的這個吸塵器，比較大，清潔力也強，因為它們太重，所以需要輪子來支撐重量。這種吸塵器裝置，清潔頭是由一根長軟管連接到吸塵器機身上。

吸塵器的運轉過程

吸塵器的運轉動力是電 (因為是用電，所以，除非是特殊設計的，否則一般的吸塵器不能用於室外和潮濕的表面)。它運轉的大略情形是這樣的：運用一個吸氣風扇馬達，從要被清掃乾淨的表面吸進空氣，使灰塵和髒東西隨同被吸入的空氣氣流進入吸塵器。另外，在吸塵器空氣入口附近，設有一個過濾袋，這些灰塵和髒東西就被收集在這過濾袋中。過濾袋快要裝滿時，吸塵器的吸氣動力就會降低，這時如果想要維持有效工作，就必須將過濾袋

清除乾淨，或者換一個空的過濾袋。所以過濾袋要定期清理。布製過濾袋，清理過後還可以再用，用強化紙張做的，則可用後即丟棄。空氣氣流流過過濾網後，就自吸塵器尾端的排氣口排出。

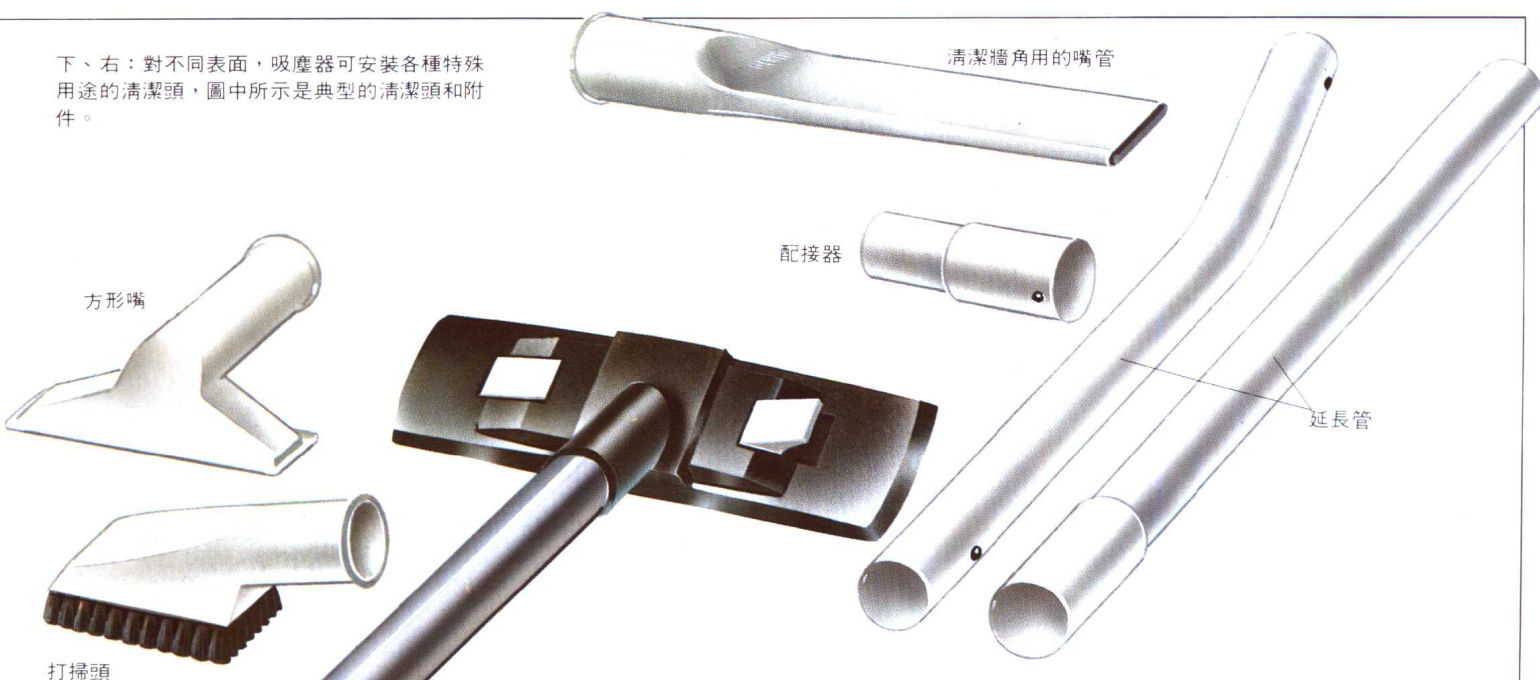
設計和其他附屬品

最早設計出來的吸塵器是直立式，目前市面上仍有出售。事實上，這種直立式吸塵器有一個特點，就是對於清潔厚地毯時特別方便。直立式吸塵器之所以具有這個優點的主要原因是因為它的過濾袋放在風



右：吸塵器本來是用以清掃乾廢物，如砂子或疏鬆塵垢的，但有些吸塵器可用於特殊用途。圖 A 這種吸塵器也可用來清除液體污垢，它有一個特殊的過濾袋，而且馬達是完全密封的。另外有兩種相關用於地板的裝置，B 圖是地板磨光機，C 圖是地毯清掃機。

下、右：對不同表面，吸塵器可安裝各種特殊用途的清潔頭，圖中所示是典型的清潔頭和附件。



扇窗口的上方，它可以有45度到90度角度的伸縮性。所以，在操作時，只要握住過濾窗口上方的握柄，推動吸塵器在地板或地毯上來回移動，就可以達到清潔地板及地毯的目的。

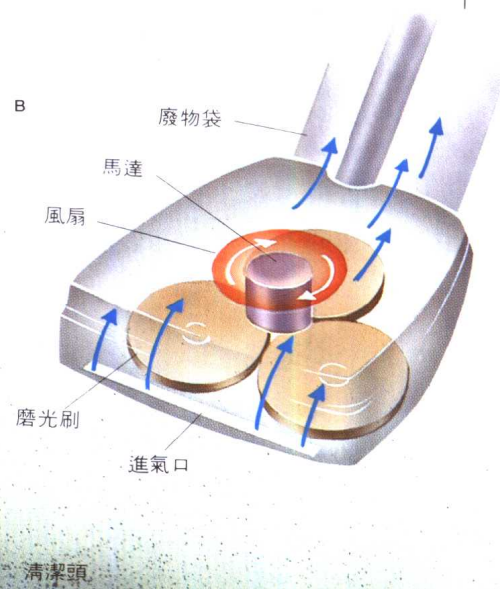
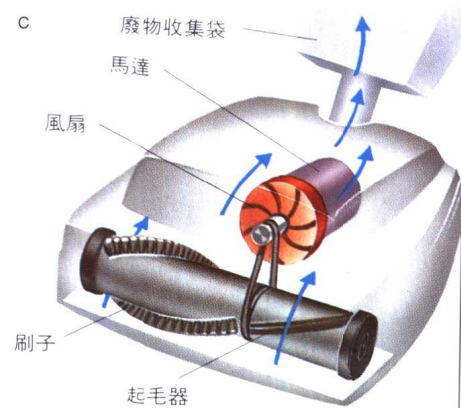
另有一種方便搬運的設計，在這種吸塵器的內部，有個與地板維持水平的箱子，稱為過濾罐，它的目的是用來支撐風扇和過濾網。除此之外，還有個蛇管和管嘴。管嘴和蛇管是藉著一段可伸縮長度的鋁管連接，因此，操作者可由調節鋁管長度來控制握柄長度。大部分的人認為，當吸塵器的握柄長度在腰部附近時，是最適宜操作吸塵器的長度。另外還有更流線型的設計，運用蛇管輕盈、纖細及柔軟的特性，操作者在使用吸塵器時，能夠輕易地清潔很窄或有妨礙物佔據的地板，同時這種吸塵器也有清潔牆角落塵垢的能力。

另外，在附件的變化方面有下列數種情形。其中以清潔地毯而設計出的附件範圍最廣，包括粗毛刷在內。至於為了能更

深入清潔長毛地毯的最新模型設計，則含有可移動的旋轉毛刷。一般說來，用於清潔無地毯地板的吸塵器附件就少了很多，而且這種吸塵器大部分用的都是細毛刷。細長而沒有毛刷的附件則用來清潔牆角落和細縫。

嘴管也是吸塵器一個很重要的附件，它除了可連接在蛇管上外，也可安裝在氣體排出口位置，用來彈除家具上的塵垢，因此它的毛刷比較長也比較軟。至於細縫工具 (crevice tool) 則用於清掃牆角或汽車內部的髒垢。

吸塵器發展至今，已有多項技術突破，目前最新設計發展出的形式有幾個特點，其一是它能在過濾袋需要更換時有警告燈會亮。二是可搬動式的吸塵器在把手處有個按鈕開關，或者在窗口底部有個按鈕可用腳觸壓按鈕而啟動吸塵器。另外，有些設計則是一個吸塵器用了兩個馬達；第一個馬達放在窗口內用來啟動風扇，另一個馬達則用來啟動附件內的轉動毛刷。



志留紀 Silurian Period

志留紀始於距今4億3000萬年至3億9500萬年前，當時各大洲之分佈情形與今日大為不同。自英國綿延而至格陵蘭的加里東寧山脈(Caledonian Mountains)，即是此時形成的；此一山脈可能類似現代之阿爾卑斯山，但因大陸漂移而分斷兩處。另一山脈則橫貫德國及法國北部。但北美洲之大部分則全然未受擾動。志留紀初期，美國東部約有近半為淺海所淹蓋。在志留紀時北美洲沒有山嶺露出，後來因為美國東岸上昇橫隔了大西洋之一部分，形成一龐大之內陸海；此海於志留紀後期蒸發乾涸，形成極厚之岩鹽層。由此一內陸海之蒸發乾涸，可知志留紀之古氣候溫暖乾燥。

此外，海未乾涸之前有很多珊瑚礁(coral reef)形成，亦可證明其氣候溫暖；因為珊瑚是溫暖海水中的生物。志留紀的珊瑚化石遍佈今日之美國內陸以迄格陵蘭。

志留紀生物

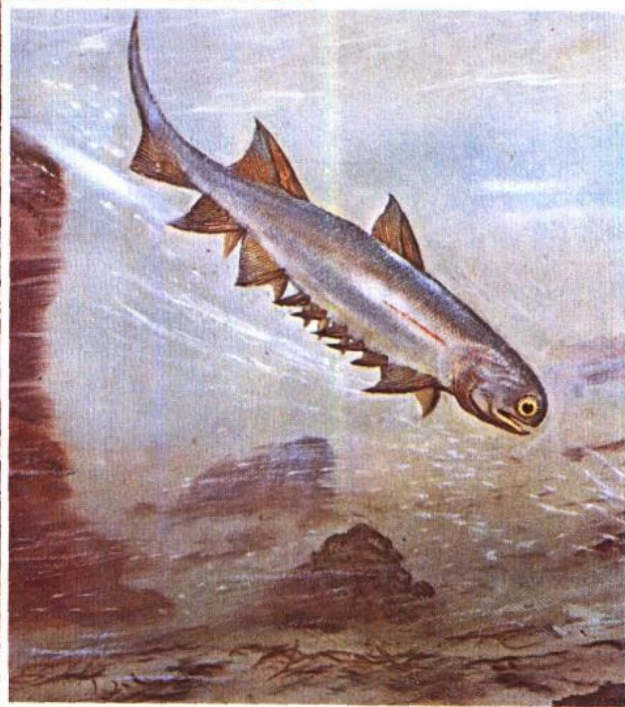
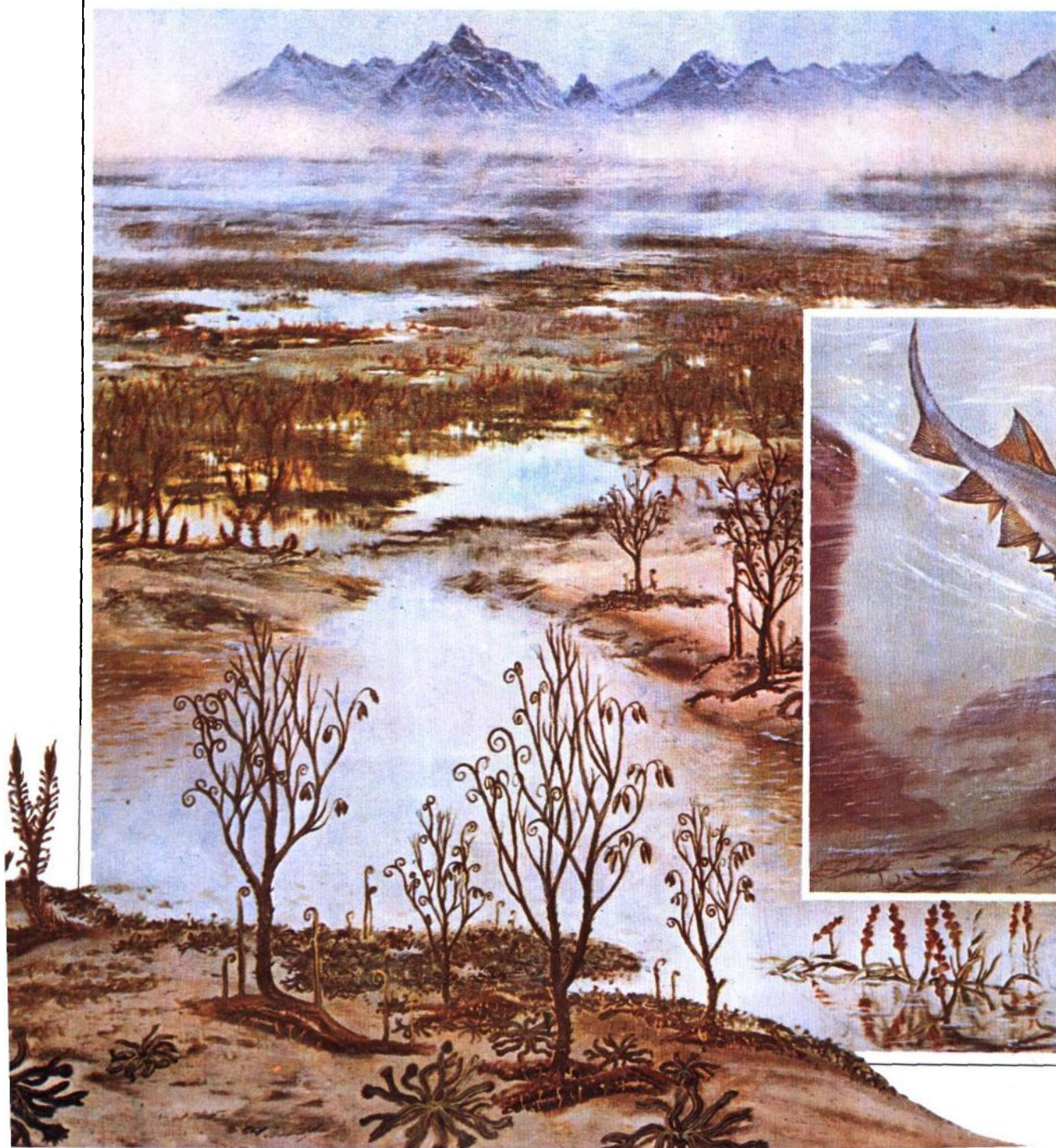
志留紀以植物首度在陸地出現著稱。在此紀之前，地面一片死寂，全無生物；因為當時無論動植物都不能離水生存。可想而知，此等新植物生長於沼澤、海邊，或其附近。介於蕨類及石松(club moss)間之帶藻(Zosterophyllopsida)、缺乏葉子但有螺旋狀分枝末梢之裸蕨類(Psilophy-

ton)，以及今日石松類之遠祖原鱗木(Protilepidodendron)為此等新植物之著名者。

動物亦於此時首次爬登陸地。蘇格蘭之志留紀岩層中有馬陸(millipede)及蝎子之化石。雖然其呼吸器官並沒有保存成化石，地質學家公認蝎子大約已呼吸空氣；就算不然，其進化乃是向具有呼吸功能之方向演進。

海中生物繼續繁榮。淺海中大片珊瑚掩佈。廣翅鱉類(Eurypterids)，亦通稱為海蝎子(sea scorpions)者，可長達3公尺。此等生物大約是地球有史以來最巨大且最迅速之節肢動物，同時亦為最兇猛

左：畫家筆下重現志留紀之景觀。組織複雜之植物雖已在陸地著根，此紀之生物仍以淺而溫暖之海中為最繁榮。下圖所示為頗原始之棘魚(Acanthodea)初次出現。



志留紀時世界極多地方有造山運動 (orogenesis)。志留紀山脈之發育亦與遍蓋現今已高據海面之上的諸大陸塊的淺海之侵蝕作用相伴發生。因為氣候溫暖，珊瑚堡礁 (coral barrier reef) 及其他腔腸動物

類極為繁盛發達。淺海周邊之沼澤地帶則為原始植物逐漸自海洋向陸地發展之極佳緩衝區。

者。此外，也有少數魚類生存於志留紀中，一般均無口顎、身披厚甲，與今日之魚類相比頗顯遲鈍笨拙。

三葉蟲 (Trilobite) 在海底各處覓食，身披有刺、有節之甲冑，全身分為三節。而當時頗為普遍之頭足類 (Cephalopods) 體型與魷魚相似，但外體有直而尖長之保護殼。

志留紀礦產之經濟重要性

世界上最大之水銀礦產於西班牙阿馬達 (Almaden) 附近之志留紀砂岩中。此水銀礦為火山作用形成者，以辰砂礦 (mineral cinnabar) 沉積於志留紀之砂中。世界上銻礦 (antimony) 之大部分出產在中國大陸，亦開採於志留紀岩層中。紐約州及阿拉巴馬州之鐵礦也是志留紀岩

層。此鐵礦大都成赤鐵礦 (hematite) 產出；赤鐵礦是鐵之氧化物 (Fe_2O_3)，為沉積作用形成者。海中生物之化石常常為赤鐵礦取代，亦即化石為赤鐵礦以一分子對一分子替換形成。密西根及紐約所開採之巨大岩鹽層乃是內陸海蒸發乾涸形成者。

參閱第一冊 80~83 頁大陸漂移 (Continental Drift)。

左、右：筆石 (Graptolites)，志留紀之海洋生物化石。

下：畫家筆下志留紀海底之景觀。鸚鵡螺類與今日具有同壁之鸚鵡螺相類似，及屬棘皮動物門 (the phylum Echinodermata) 之海百合為主要生物。



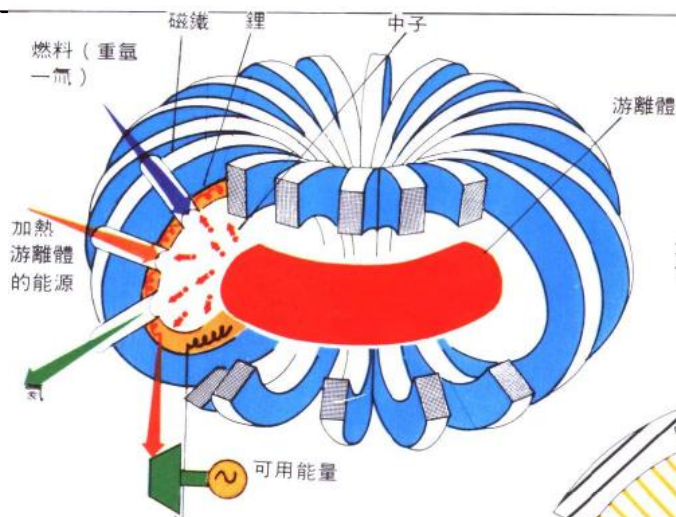
托卡馬克 Tokamak

將石油和天然氣當能源使用時的缺點，一方面在於它們的含量有限，另一方面則是當它們使用時，在周圍環境會產生我們不希望的效應。一種叫做熱核融合(thermonuclear fusion)的新能源，可以克服石油和天然氣能源的缺點；除了它的蘊含量非常富饒外，而且熱核融合產生的副產物對環境不會有嚴重的傷害和污染。然而，這種能源的發展却遇到一個嚴重的困擾，就是需要一個特殊容器來容納熱核燃料。

托卡馬克——原文為 Tokamak 是俄文環磁容器(toroidal magnetic container)的頭字語——是一種非常堅固的瓶子，可以用來容納熱核燃料，使熱核融合變成可能。這種瓶子非常怪異，它的形狀有點類似扭曲了的油炸圈餅或花托，而且它的容器器壁不是由物質做成的，而是由磁場所形成。

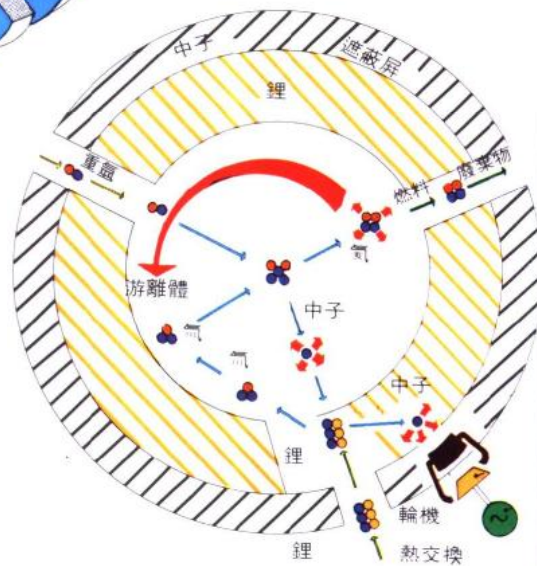
熱核融合

由於以熱核融合當能源的希望非常濃厚，所以很多科學家深信，只要能解決熱核融合的容器問題，熱核融合得到的能



左：托卡馬克的立體圖。
下：托卡馬克的操作圖解。

量，將可供給人類使用數百萬年。而熱核融合所使用的燃料是氫氣的一種，稱為重氫(deuterium)。它的含量非常豐富，可以用電解水的方法萃取出來，而且所產生的能量很大。對相同重量的燃料，熱核融合產生的能量，是依目前核能發電廠使用核分裂(nuclear fission)產生能量的十倍之多；再者，熱核融合非常乾淨，它使用

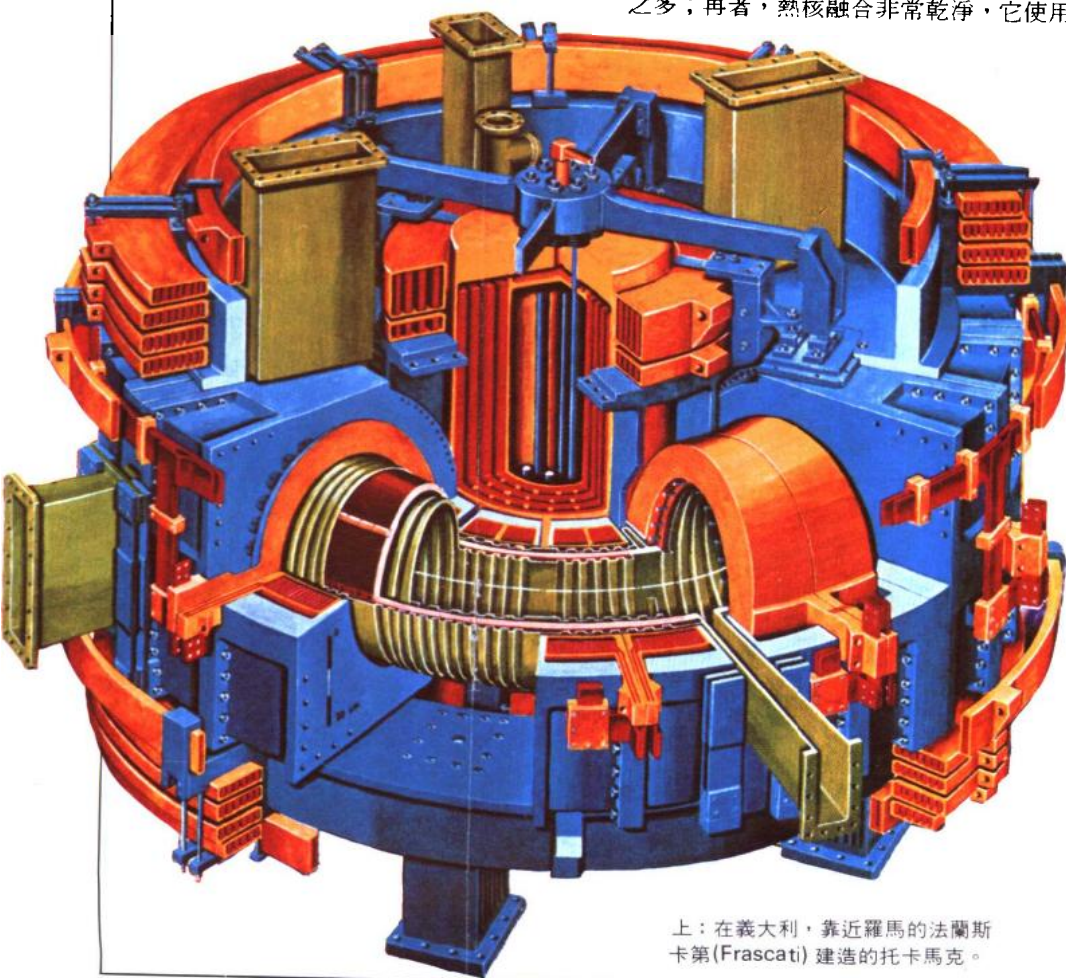


後產生的副產物不像其他燃料，如煤、石油、天然氣和鈾的副產物具有傷害性。

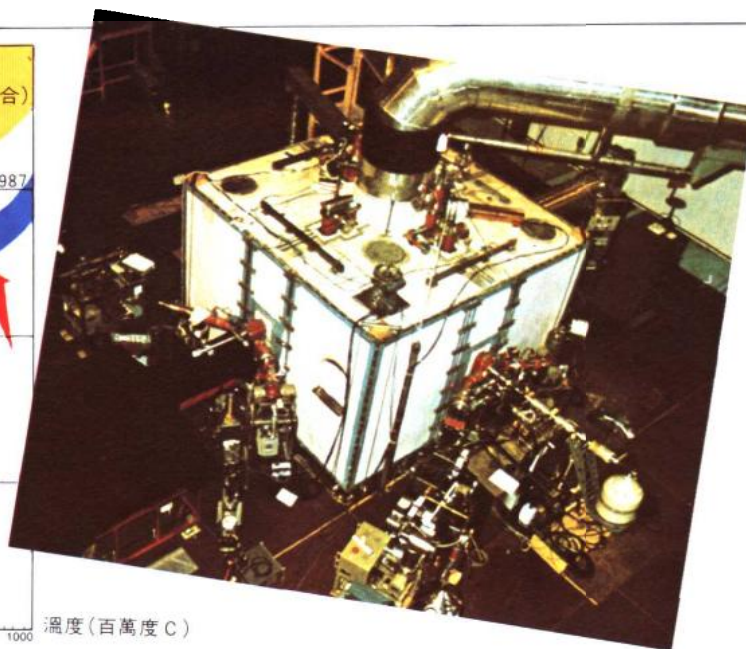
太陽的能源也是來自核融合，所謂核融合乃是指將某種特定形式的原子，強行擠壓在一起而後放出能量。在太陽內部有六億五千萬噸的一般氫原子，它們會兩個兩個的聚在一起融合，首先是兩個氫原子先融合成重氫，然後兩個重氫再繼續融合產生氦氣。然而在產生核融合之前，必須有非常極端的狀況才能促使核融合反應發生。對太陽而言，則是由於太陽的重力及太陽核心高達攝氏一千五百萬度的溫度，在太陽表面產生巨大的壓力，而迫使核融合反應的發生。

游離體(電漿或等離子體)

雖然在太陽可以產生核融合，然而目前已證明出要在地球複製出能產生核融合的條件，是非常困難的。科學家們並且發現用尋常氫原子產生核融合幾乎是不可能。因此，必須用氫的稀有同位素重氫來當熱融合燃料。至於尋常氫原子和重氫原子的差別在於：尋常氫原子是最簡單也是最輕的元素，它裏面有一個很小的負電荷粒子，稱為電子。這個電子圍繞著由一個帶正電荷質子組成的一個原子核旋轉。而重



上：在義大利，靠近羅馬的法蘭斯卡第(Frascati)建造的托卡馬克。



最左：圖示至今核融合實驗的結果，只有在右上方有顏色的區域內，產生的能量多於損失的能量。
左：早期的游離體容器設計。

氫原子和氫原子類似，也有一個電子，只是重氫的原子核是由一個質子和一個不帶電性的中子組成。

除此外，由於缺乏像太陽那樣有力的重力場，所以氫原子溫度必須增加到攝氏一億度左右；在這種溫度下，氫原子就會解體，電子與原子核分開，因而得到的是一團很熱且帶電的原子碎片混合物，我們稱為游離體(plasma)。一般尋常的容器無法容納游離體，因為對目前已知的材料，在這麼高的溫度下會迅速蒸發。而且游離體自己不會聚在一起，因為熱粒子會像任何熱氣體一樣，迅速向外膨脹。

磁約束

由於一般容器無法容納游離體，科學家便嘗試用磁場來約束游離體。所謂場就是有力量作用的區域，例如重力場就是指在這個區域內的所有物體都受到重力的作用。相同地，所謂磁場就是指在這區域內的磁性物質，譬如鐵屑，或者帶電荷的物體，譬如游離體粒子，都會受到磁力的作用。科學家們便藉著磁場效應，排列一串有力的磁鐵，直徑大約有 1 公尺左右，使某特定區域圍繞在「磁力壁」內，磁力壁就可用來容納游離體，使游離體中的粒子不會飛離。

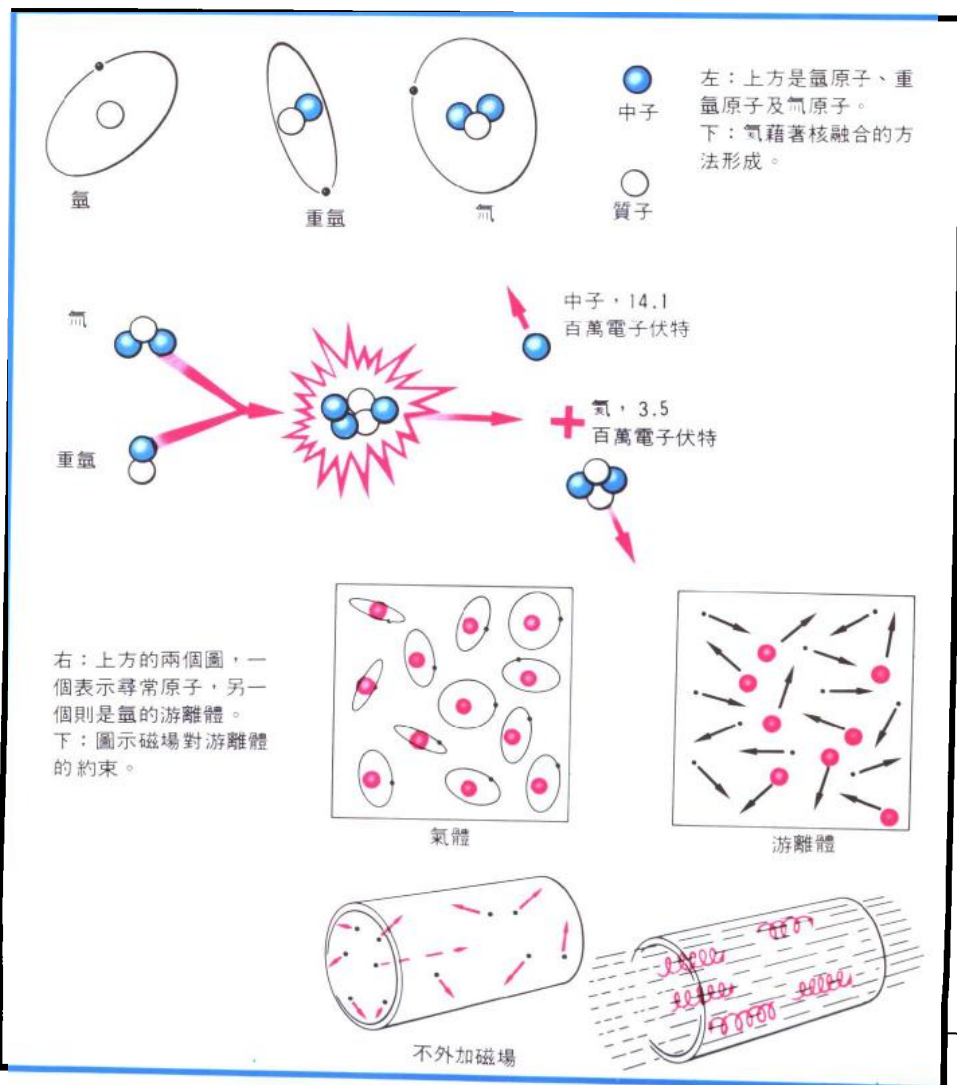
上述的技術稱為磁約束，而在磁力壁內可容納游離體的部分稱為磁瓶。

托卡馬克是在西元 1960 年代，由俄國科學家發展設計出來的。原理是利用超導電磁鐵產生磁場，再利用磁場形成容器壁。這些超導電磁鐵必須保持在絕對溫度接近零度，通常是用液態氦來維持如此低

的溫度。並且要在游離體中通電流以加熱游離體，同時使游離體維持平穩移動。

事實上托卡馬克只是磁瓶的一種。另有種設計是利用縱排一系列鏡子，它也具有托卡馬克瓶的效果，但和托卡馬克瓶不同的是，這種縱排一系列鏡子所產生的約束區域形狀，並非是扭曲的油炸圈餅，而是呈現

圓柱狀，除了端點之外，這種形狀很容易控制游離體。有一種特殊的磁鐵設計在兩端產生反射作用，使過熱的游離體粒子轉回瓶中。雖然在端點一定會有此漏洞，但是這個缺點仍可由加強外圍圓柱壁的強度來彌補，同時也可在每個端點繼續不斷地補充新的游離體。



步槍 Rifle

步槍的定義不但不夠嚴謹，而且包含廣泛。就技術觀點而言，任何槍砲類兵器(weapon)，只要發射管內具螺狀膛線者，即可稱之為步槍。(膛線的作用在使子彈穩定飛行，提高射擊準確度。)如此說來，所有槍砲類兵器，除了滑膛的霰彈槍與迫擊砲外(發射管內無膛線)，都可視為步槍了。因此，提到步槍時，應同時考慮其使用方式，於是，步槍應是一種肩射的具膛線兵器。在軍事術語上，步槍則被歸類於輕兵器(small arm)範疇內。

十九世紀步槍的發展

雖然步槍的最原始設計可追溯到十五世紀，但最後的操作原理却到十九世紀中葉後始告確定，從此以後，步槍在實質上即沒有太大改變。步槍使用無烟火藥(即硝化纖維，有時與硝化甘油混合)為發射藥，藉撞擊點火方式，每次發射一顆子

彈。西元 1885 年時成為步兵標準裝備之一。在此之前，步槍的發射藥是由硝石、硫磺混合而成的黑火藥(發射藥可視為一種燃料，點燃時，產生氣體動力以射出子彈)。

撞擊式爆炸點火設計使得步槍的發展往前邁進了一大步，由於這種進步的構想，步槍才脫離了舊日由槍口填彈時代，而進入由後膛上彈的膛槍階段。步槍的子彈(ammunition)部分包括彈頭(發射體)、發射藥(或稱送藥)，以及引爆發射藥的底藥(primer charge)。當射手扣下扳機時，機械撞針往前撞擊子彈底端內的底藥(典型的一種是極敏感的水銀雷粉)，由底藥引燃子彈內的送藥，而產生大量的氣體動力，彈頭就藉著這股迅速膨脹的推動力而沿著槍管發射出去。

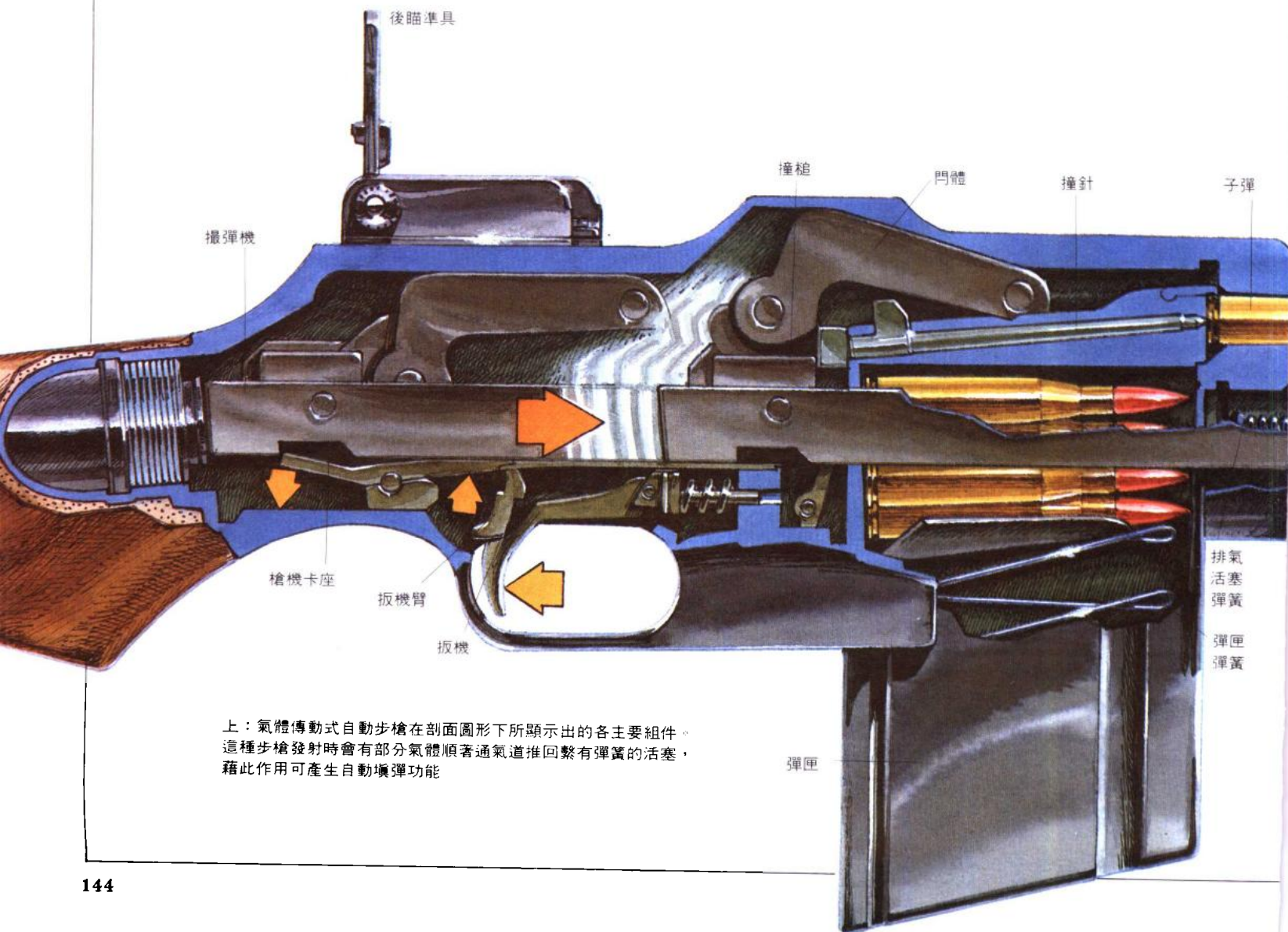
由於無烟發射藥較黑火藥可獲得更完全而穩定的燃燒，子彈的體積乃可更形縮

小，目前其直徑多在 7.92~13.2 公釐之間。再者，使用無烟火藥的步槍，無論其射程、發射速度以及準確度都比使用黑火藥的步槍進步了許多。而且，以無烟火藥製成的子彈，完整包含了底藥、送藥以及彈頭，無論重新裝填及發射，都十分簡便容易，而不必像使用黑火藥要從槍口慢慢的填藥及加裝彈頭了。

連發步槍的誕生

到十九世紀末期，已經有了半自動與全自動步槍的構想，並且用於設計連發步槍。這種構想也用於機槍上，亦是今日步槍的基本構想。

連發步槍最顯著的特色是可以自動填彈並連續發射。早期這種自動的機槍型兵器，主要利用發射藥所產生的後座力(反衝力)，衝開控制槍彈的機件(即槍機)，把空彈殼彈出，同時以一條彈簧將槍機從



彈匣上拉回原來位置，此時槍機即將子彈帶入彈槽內，完成自動填彈的程序。近期所發展的自動步槍則利用發射藥的前推力，拉動一條可完成同樣程序的彈簧，但過程却簡化了許多。

世界主要武器生產國家已發展出好幾代種類不同的全自動或半自動步槍，而且體積更小，更容易攜帶。子彈也變得更為袖珍，因此彈匣容量增大，步槍威力也加強了許多。例如衝鋒槍就是代表。

在第二次世界大戰與韓戰期間，美軍步兵使用的標準兵器為 M1 半自動步槍(M1

Garand)。這種步槍口徑為 7.92 公釐，重量略低於 4.5 公斤。當時德軍使用 MP-44 型步槍，口徑同為 7.92 公釐，有效射程 300 公尺。大戰結束後，蘇俄也發展出類似的 AK-47 型步槍，重量高達 5 公斤，彈匣容量為 30 顆。

美國陸軍繼 M1 步槍後又發展出 M14 步槍，口徑略小(7.62 公釐)，有效射程接近 900 公尺。西元 1952 年，北大西洋公約組織陸軍採用 M14 步槍為制式武器。因之，北約比利時製 FN 步槍、德國製 G3 步槍，以及義大利製伯瑞塔(Beretta)步

槍，皆發射 7.62 公釐的子彈。

1970 年代，美國開始發展 M16 步槍，這種全自動步槍的持續發射，口徑只有 5.56 公釐，有效距離約為 320 公尺。由於子彈體積的縮小，M16 步槍本身重量也大為降低，使發射時可增加射擊的穩定度。在可預見的將來，類似這種既輕便，又可迅速發射的兵器，顯然將成為未來步槍設計的主流。

參閱第七冊 20~21 頁砲・彈藥(Guns and Ammunition)；第十二冊 10~11 頁彈道(Ballistics)。



污水處理 Sewage Treatment

西元 1960 年代，紐約市盛傳有白色變種的瞎眼鱷進入污水系統中。故事是這樣的：由佛羅里達州度假回來的小孩，把一些小鱷魚紀念品丟進抽水馬桶，最後全部流入污水系統。這些鱷魚長期浸泡在暗無天日的下水道中，結果使得鱷魚開始變白，看起來像瞎眼一般。這時，傳言變成紐約市下水道中出現了一種巨大蒼白的怪獸，吃掉了所有的垃圾，並且危及下水道偵察員的生命安全。這個充滿幻想的故事，表達了大多數紐約市民對污水處理系統的普遍心態，對他們而言，下水道是任何事情都可以發生的神秘地方。

污水處理系統事實上就是處理人類所製造的污染液的方法。隨著一座大城市的興建，大量堆積的垃圾及廢物成了日常生活中最大的困擾；這些東西包括未吃完的食物、廚房棄物、污水，尤其是人類的排泄物。過去，人類居住的範圍小，污染物只需傾倒入湖泊及河流中，經過足夠的稀釋與自淨後，不致造成危害。由於現代都市愈來愈擁擠，產生了過量的污染物，危害許多水源，而滯留於地面的污染物導致蒼蠅叢生，造成傳染病的散播。直到西元十九世紀末，少數的城市尚苦於霍亂、傳染性肝炎和其他疾病的肆虐，才紛紛設立污水處理系統。現在的污水處理過程可約略分成三個主要步驟，即初級處理、二級處理與三級處理；但並不是每個地方都需要完全使用這三段處理，各地區可視當地的需要、法律、輿論及財力等狀況而採取不同的處理方法。

初級處理

這是早期最常見的污水淨化方法。初級處理是將污水中懸浮的塊狀物與細顆粒去除，最簡單的形式就是污水坑，過去較常見，現在則只能在農村地區看到，有些農家可能會有屬於自己的污水坑（例如糞坑）。污水坑如一個大桶子，底部及四周是由多孔、滲透性良好的材料做成，污水流入污水坑後，液體部分滲入地下而留下固體部分，故每隔一段時間需要清理一次，這些底部的淤積物可用來當肥料或予以掩埋處理。化糞池構造與污水坑有部分相似，加上其與排水系統相接，可能使更多的污水在更大的地區廣為散佈。

對較大的社區與都市而言，其污水處理過程較為複雜。居民使用抽水馬桶後，污

水經由建築物內部管路進入較大的地下埋設管道，再輸送至污水處理廠。一般而言，污水在進入沉澱池（sedimentation tank）前先通過攔污柵以篩除大顆粒的碎片（就污水處理廠而言，這是相當重要的步驟），然後污水流入沉澱池，水中懸浮的固體物逐漸沉澱下來，這情況就如我們抓一把泥沙放入裝了水的玻璃杯中，起初泥沙在水中懸浮著，不一會兒工夫便沉澱至杯底；同理，污水中的非溶解性固體最後也沉降至沉澱池底部，這是大多數污水初級處理的基本原理。

沉澱設備有兩個基本型態，一為沉砂池（grit chamber），另一為沉澱池（settling basin）。沉砂池是一狹長形的池，池底具凹槽，用以收集沉降顆粒，當水緩慢流過沉砂池時，小而重的物質如咖啡渣、種子、小骨頭慢慢沉降至池底。這些顆粒落入池底的凹槽後仍會沿著水流方向漂動，所以，凹槽與污水坑一般，每隔一段時間便需刮除乾淨，所刮除之積物可用掩埋處理。

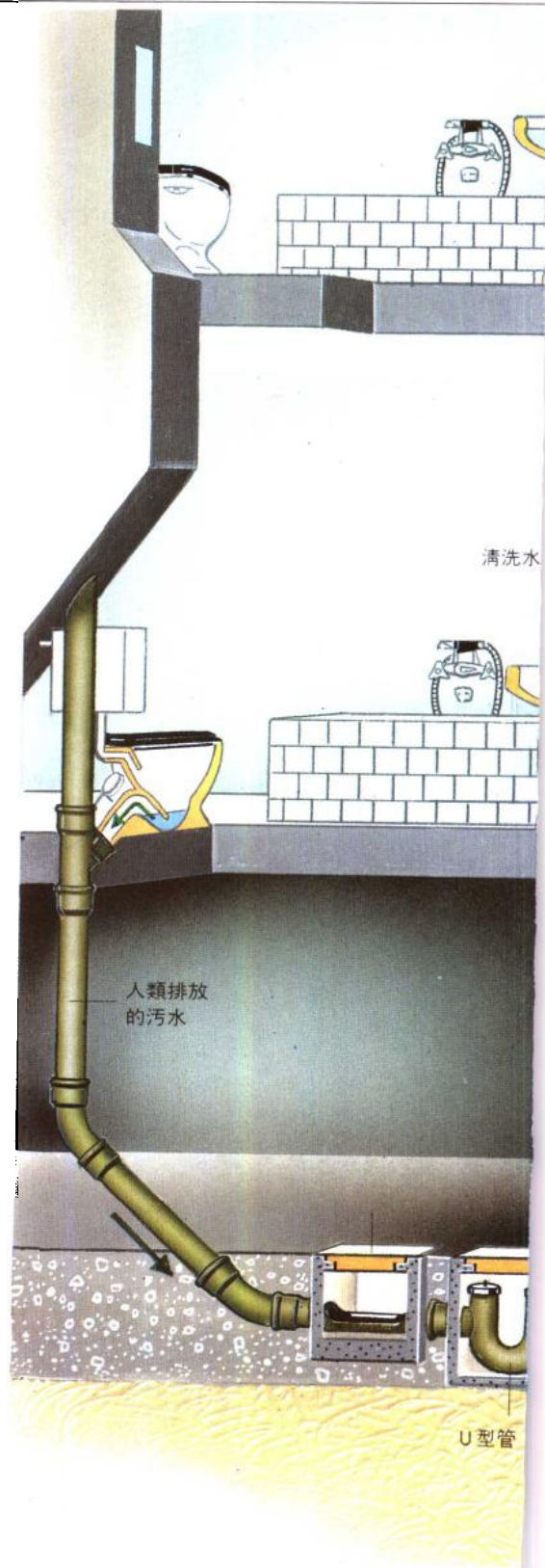
污水經沉砂池後便流入沉澱池，沉澱池外表看起來像裝滿髒水的游泳池，長方形的沉澱池長約 30~45 公尺，寬 3~8 公尺，但其尺寸視所需而有不同。圓形沉澱池直徑至少 9 公尺，也有達 45 公尺的，無論是方形或圓形的沉澱池，污水由管道排入沉澱池後，細小的固體物沉降至池底，上層浮體連續由排水口排出。

沉澱池底的沉積物我們稱之為污泥（sludge），因此，清除與處理污泥在污水處理上也是一大問題。圓形的沉澱池通常設有兩片自中心向外呈輻射狀，形如風扇的可旋轉式刮板，沿着底部緩慢地刮，將污泥推進池底的小孔；長方形的沉澱池通常在底部裝設如輸送帶的設備，將污泥輸送至地下的收集池中。

初級處理沉澱池中的污泥呈半流體狀，巧克力色，而且具有惡臭。不同的都市其污泥處理的方式也不同，如紐約市是將污泥用船裝載運至大西洋投棄，但這種方式已為官方所禁止；小城市則使用這些污泥來充填沼澤地或當肥料，較大的城市通常用焚燒爐將其燒成灰後再予掩埋；在歐洲，污泥普遍用來做肥料。

二級處理

現在，一般大都市對於廢物的處理都是



如圖所示，很多都市污水處理系統會將人類所排出的污水與其他種類的污水分離。相較之下，雨水下水道的污水就要乾淨多了，因此它並不需要複雜的淨化處理。工業及工廠生產過程所產生的廢水，如果量少，有時也可直接排入污水下水道，但是從造紙廠、皮革廠、化學工廠和其他污染來源所排放出來的廢水，因為量太大，在排出工廠之前必須先經過處理。



從此幅跨頁圖可看出引導各種廢水進入污水處理廠的複雜系統。因為下雨而沖入雨水下水道的的水質比較乾淨，可以稍經處理後直接流入河川，以減少污水處理廠的負荷量。下水道污水處理系統相當複雜，維護困難，花費又高；更需注意的是，自來水管通常與污水管平行，有時甚至介於污水系統間，如污水進入飲用水的給水系統，將對人體健康造成重大危害。

雨水下水道

下水道出入口
(入孔)

先離油

污水管

清洗水與
沖流物

排放水

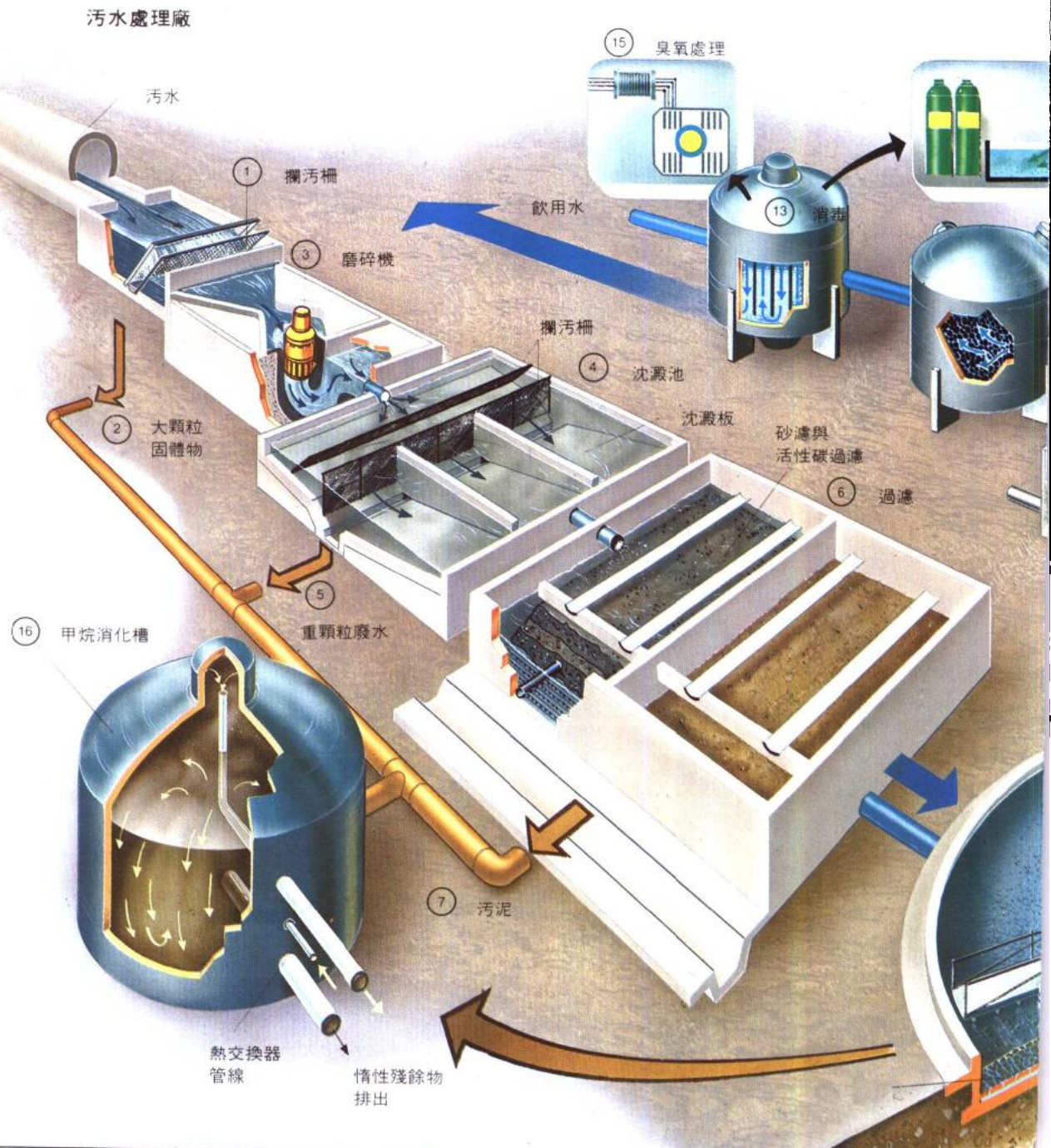
初級與二級處理合併使用。所謂二級處理係利用微生物羣來分解、消化污染物，最普遍的方法是經由曝氣作用(aeration)，也就是所謂活性污泥(activated sludge)處理的過程。曝氣的目的是使難以計數的微生物以這些污染物為食物，進而將污染物分解成最簡單的化合物，如二氧化碳與水。微生物羣中的種類繁多，也有各種分解有機物質的方法。這過程與人類吃進有機物，在吸收其營養後排泄殘餘物的道理是相同的；不同的是，微生物排出的殘餘物通常不會再造成污染。

經過一級處理後的污水已經乾淨多了，再送至活性污泥池進行二級處理。活性污泥池長約 4.5~9 公尺，寬約 3 公尺，污水流入池裏後，先經曝氣，亦即用唧筒或空氣壓縮機攪拌，以保持水中足夠的溶氧，這情況就好像家庭中的水族箱必須用充氣器把氧加入水中一樣。

活性污泥池中的微生物利用池中的氧行呼吸作用，而以有機物為食物，這些細菌稱之為好氧性的(aerobic)，因為它們要在有空氣或氧的環境中才能生存。

由微生物羣與已被穩定之污水所形成之

混合液，最後會產生沉澱，再流入所謂的二級沉澱池(secondary settling tank)。這時，沉於池底的棕色污泥具泥土味，其處理方法與初級沉澱池底的污泥處理方法大同小異。但活性污泥法有項很特別但却很重要的部分，那就是必須將二級沉澱池中大約四分之一的污泥，回流至活性污泥池中。因為活性污泥富含微生物，將其回流是為了保持曝氣池中新鮮的微生物族羣，以達到植種(seeding)的目的。因為這些污泥包含了無數微小的生命，所以稱之為活性的，整個處理過程也因而得名。



149

污染 Pollution

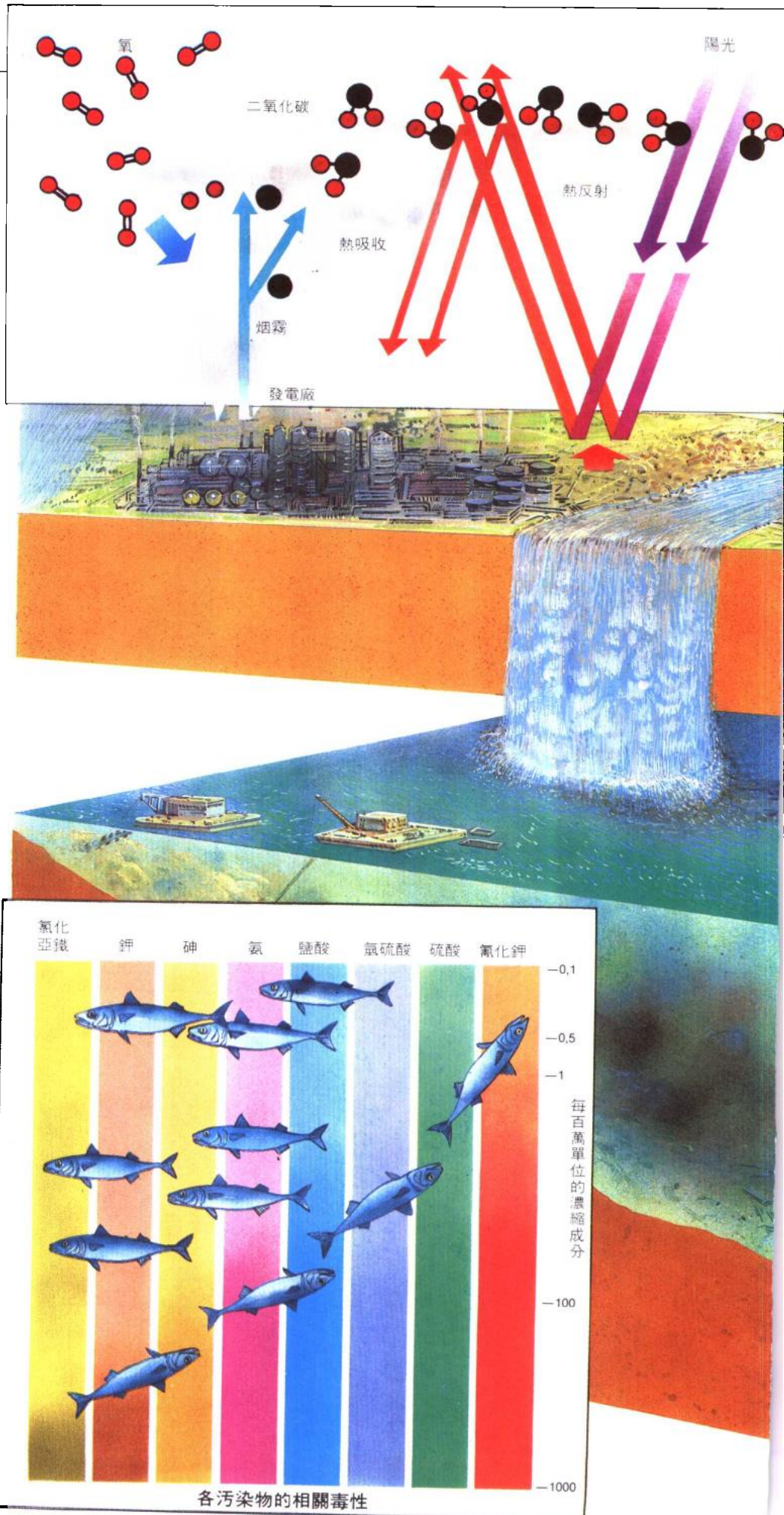
西元 1976 年 7 月，義大利一家肥皂及除臭劑工廠發生爆炸，致使緊臨工廠的瑟貝索 (Seveso) 市籠罩在一片白色雲霧中。這片雲霧帶有足以致命的劇毒性物質——戴奧辛 (dioxin)，外洩總量約 10~60 公斤；而只要將 85 公克的戴奧辛溶於飲用水中，便可毒斃整個紐約市的所有市民。當時瑟貝索市的 730 名居民緊急疏散，但仍全部遭受炸傷，並有精神錯亂的現象，染色體也可能起了變化；成千的動物死亡，所有的農作物及家畜都不能食用。雖然這片雲霧只瀰漫了半個小時，但戴奧辛卻持續擴散達數月之久。戴奧辛可藉著人、動物，甚至汽車輪胎，到處傳佈；深入地下的戴奧辛也會被植物根部所吸收，甚至污染地下水層。

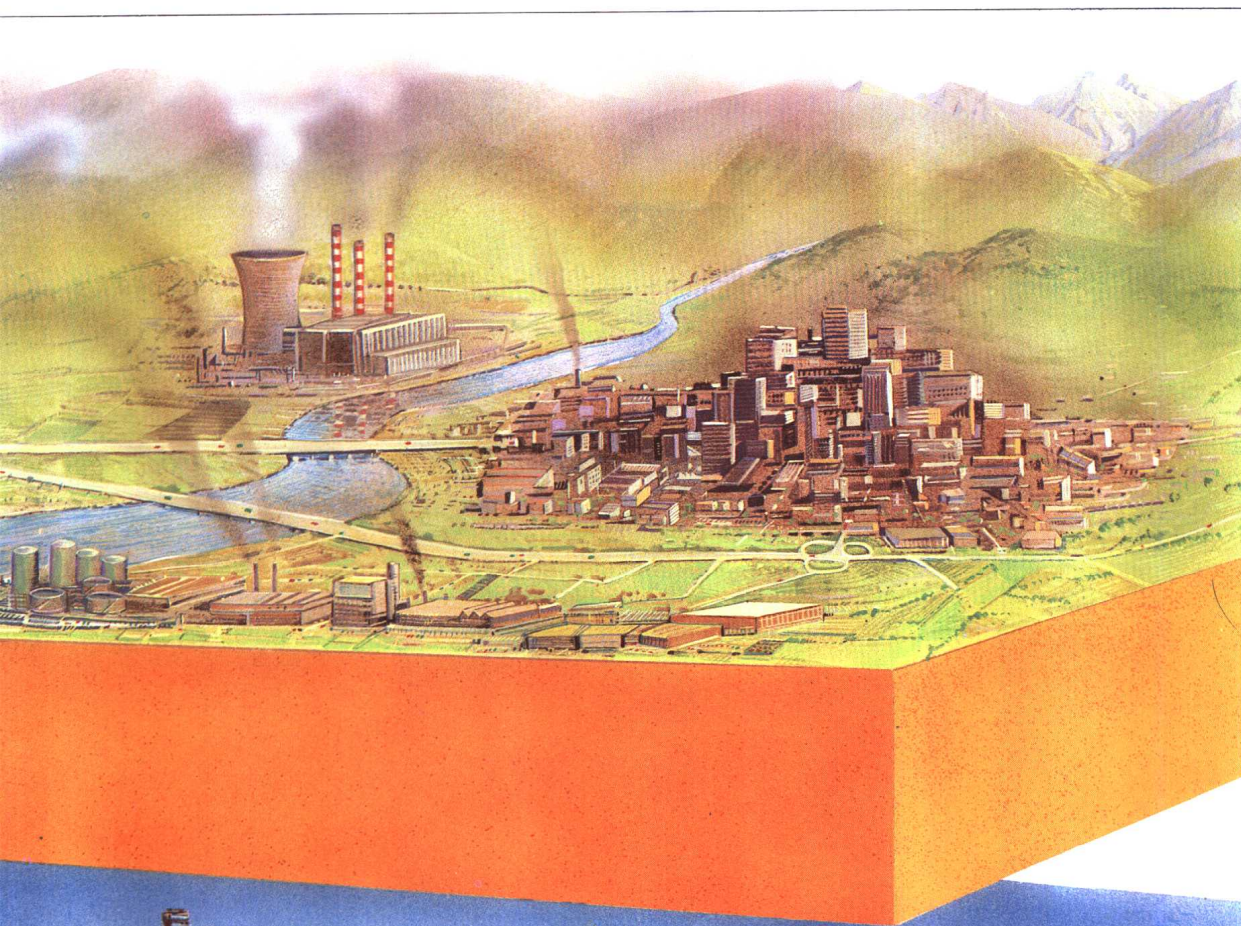
生態系統的污染

瑟貝索事件是環境污染的一件慘劇，其污染所造成的災害已危及自然界的整個生態系統。湖泊、森林、沼澤是屬於自然界的各種生態系統，各種養分在此系統中傳送，就如食物、氧氣和水分在我們身體內運行一般；湖上的陽光為湖面的植物所吸收，這些植物體則供給魚類及其他海洋動物所需的氧氣和食物，使較大型的生物得以生存。

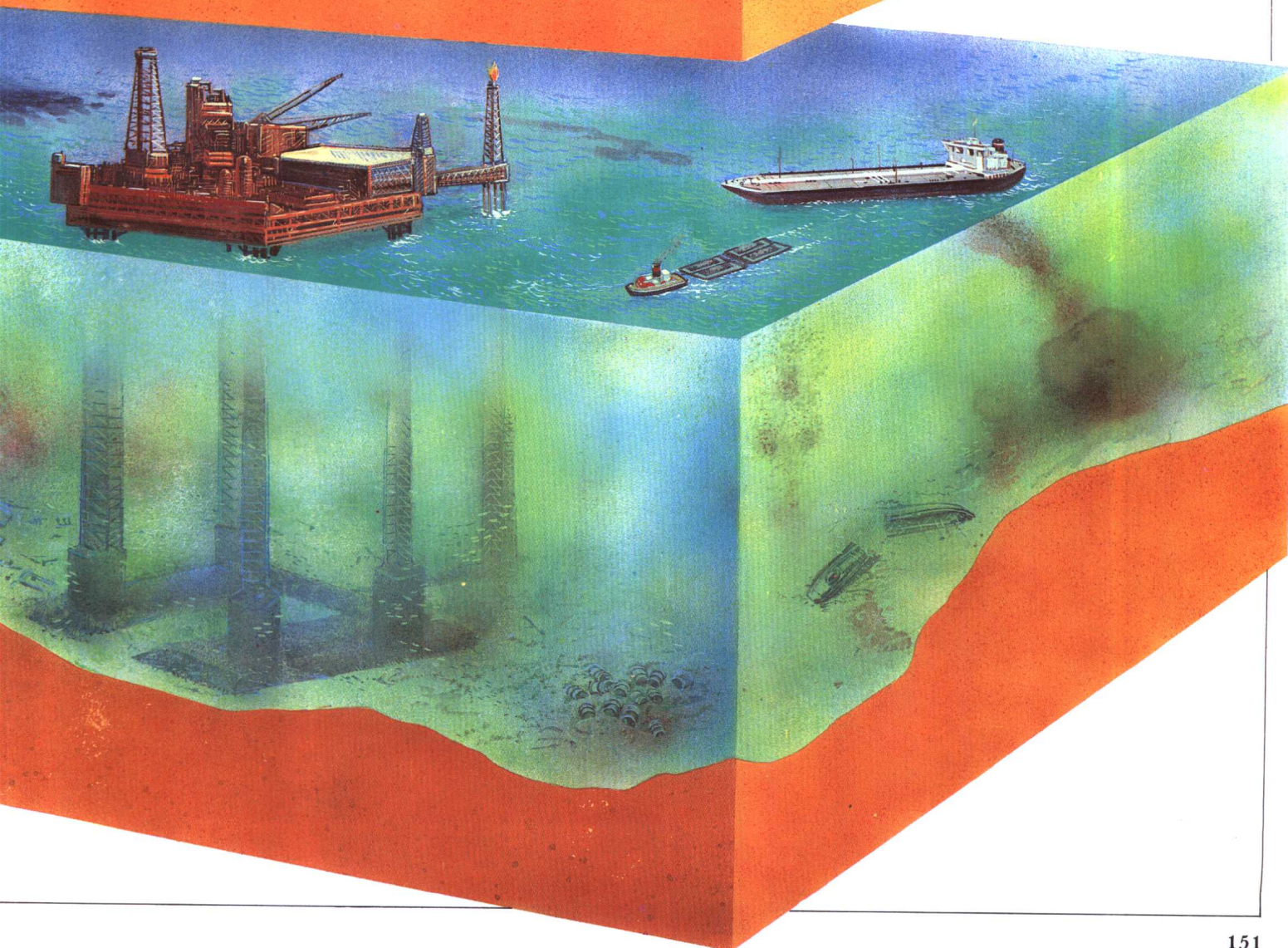
但瑟貝索事件發生後，這些毒性物質進入生態系統，造成整個系統循環過程的污染。毒性進入土壤與水中後，便被植物及微生物所吸收，而這些植物及微生物又被較大的生物所吞食，依次類推（這種吞食的系列稱為食物鏈），則毒性的濃度及其影響不但不會減少，反而會隨食物鏈的增長而濃縮，其濃度會高達原來的 100 倍之多。所以，進入食物鏈的污染累積現象對高層的掠食者——如人類、動物和鳥類，是相當危險的，這種生態系統的污染往往導致生物的絕種或突變。

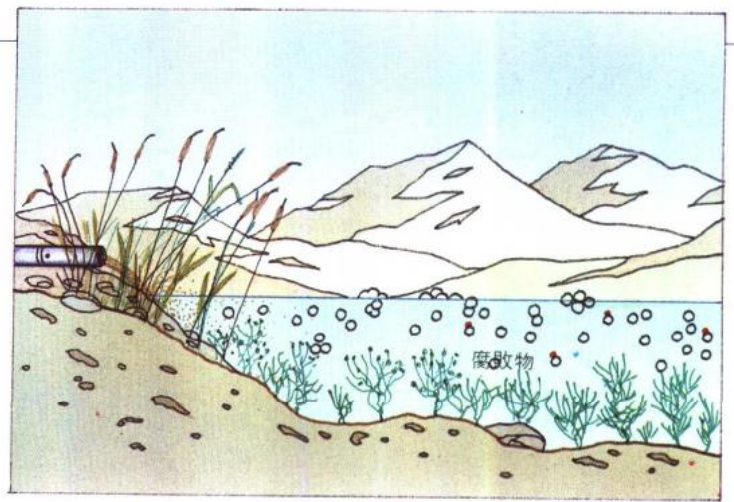
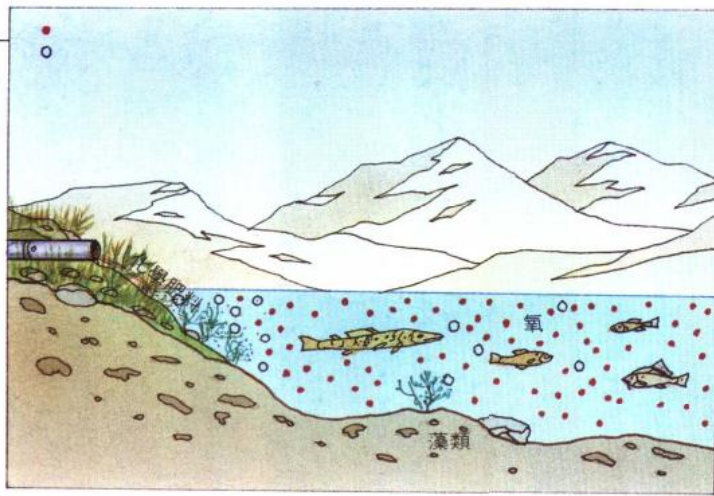
工業上使用的化學物質如重金屬、戴奧辛等，農業上使用的化學藥品如殺蟲劑 (DDT 等)、除草劑、肥料等，會在食物鏈向上濃縮過程中造成很大的毒性，而使得人們食用已受污染的魚及動物後，深受其害，像這種毒發事件曾在日本的工業城——水俣村，造成了相當大的震撼。當地一家化學工廠在生產過程中使用汞化合物，然後將含汞化合物的廢水傾倒入供水處，由於當地居民是以本地的魚為主食，





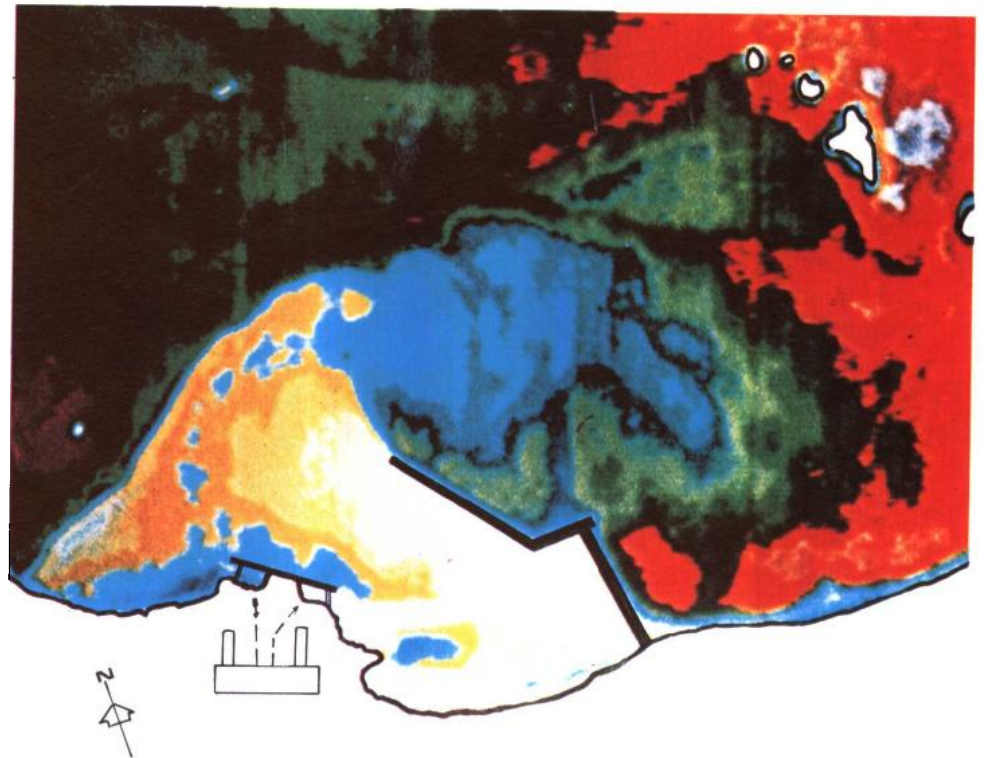
地球上所產生的各種不同形態的污染物，最後幾乎都會回到海岸。左上方的方塊表示大氣中二氧化碳的濃度增加，將導致地球上的溫度升高。





上：湖泊的優養化現象，熱污染與化學污染造成藻類的急遽生長，消耗了所有的氧氣。

右：發電廠對湖泊造成的熱污染，以自動溫度記錄器所記錄的溫度圖：白色=16℃；黃色=15℃；藍色=14℃；綠色=13.5℃；紅色=13℃。



所以蒙受汞的毒害，最嚴重者，甚至造成了腦部的嚴重受損，以及畸型的下一代。

另外，有一些化學藥品可經由呼吸或皮膚接觸進入人體。越南士兵曾經曝露在含戴奧辛的「落葉黃」(Agent Orange)除草劑下，造成皮膚紅腫潰爛及持續性的頭痛；同時，他們後代的脊椎及骨骼產生畸型，也被認為是接觸戴奧辛所致。

日常廢棄物——化學物質、熱及垃圾

由於「落葉黃」除草劑以及瑟貝索、水俣村所造成的不幸事件，污染問題引起了廣

泛的注意。但是由於人工合成物及工業科技的高度發展，勢必造成污染。此外，諸如汽車所排放的黑烟、家庭中的取暖設備、熱氣與垃圾等，雖然都僅算是日常廢棄物，但它們不斷進入環境，越積越多，亦可能逐漸超過生態系統所能涵容的範圍。

在日常情況下，進入生態系統中的污染物，可經由微生物分解後，又以單純的化合物型態在系統中循環。所有的無機物和死亡的有機物經過一連串複雜的反應後，便重新回到土壤中，成為養分；但如果污染物的量過多，阻礙了生物分解作用的進

行，將導致原來的整個生態系統的破壞。

以湖泊提供為電廠冷却水源為例，若發電廠在冷却過程中使用了大量的湖水，然後再把這些已經比原溫度提高 10℃ 左右的水排入湖泊中，這些熱廢水就叫做熱污染源，它可改變原湖泊中魚類生存及繁殖所需的較冷的環境，而高溫使生物和化學反應的速度加快，導致藻類的過量繁殖。由於藻類迅速消耗水中的溶氧，缺氧狀態使得原有的動、植物逐漸死亡，水體無法再正常分解污染物和淤積物，於是湖泊開始為藻類所壅塞。這個由熱污染亦可引起的優養化現象(eutrophication)，與由土

地污染所造成湖泊優養化現象的成因並不相同；後者係土壤中的肥分——氮與磷——被雨水冲刷，流入水體而造成藻類繁衍。

其他類型的土壤污染也會引起水污染及空氣污染。例如開採煤礦時，會排出酸性的廢物進入土壤中，然後進入承受水體，毒害了生態系統中的族羣。煤精煉工廠所產生的煙塵含有酸性污染物，排至大氣中後，藉著雨水的降落，造成所謂的酸雨。這種雨對美國的阿第倫達克山(Adirondack Mts.)，以及其他在煤礦與燃煤工廠附近的水產業造成很大的危害。傳播性的污染物如酸雨已經在國際間引起很大的爭議，這種爭議就像飯店中抽烟者與不抽烟者的爭執一般，少製造污染的國家對其國土成為鄰近工業大國污染物的倉庫深感氣憤。這些國境上的爭議愈來愈普遍，也加速了國際間對污染防治立法問題的脚步。

除了化學性與熱污染性的污染物外，另一種污染生態系統者，係由固體廢棄物所造成。例如常見的垃圾場及汽車廢棄場等，垃圾場將引來致病性的鼠類及昆蟲；空地上露天燃燒垃圾所造成的煙塵會嚴重污染空氣；垃圾掩埋處置經過一段時間後，亦會滲出黏稠狀的惡臭性液體，稱為滲漏液(leachate)，危害場地周圍的環境。

無論是滲漏液、酸雨、熱污染或其他形式的環境污染問題，常是很難加以治療的。所以，減少污染最好的方法是加強預防措施，如禁止使用具危險性的人工合成化學藥品，改用較天然性有機物質代替，這種替代品的方法，可能解決部分危害性物質污染的問題。

廢棄物的再循環利用

一些有機廢棄物如化肥，在某些地方是環境之害；在另一個地方則可能被再加以利用。例如某種藻類可能壅塞湖泊，使湖泊死亡，但它們在社區污水處理方法中，却扮演重要的解除污染角色。藻類與其他微生物安定了污水中的有機物，將這些有機物轉變成養分，然後才安全地再釋入湖泊或河流中。

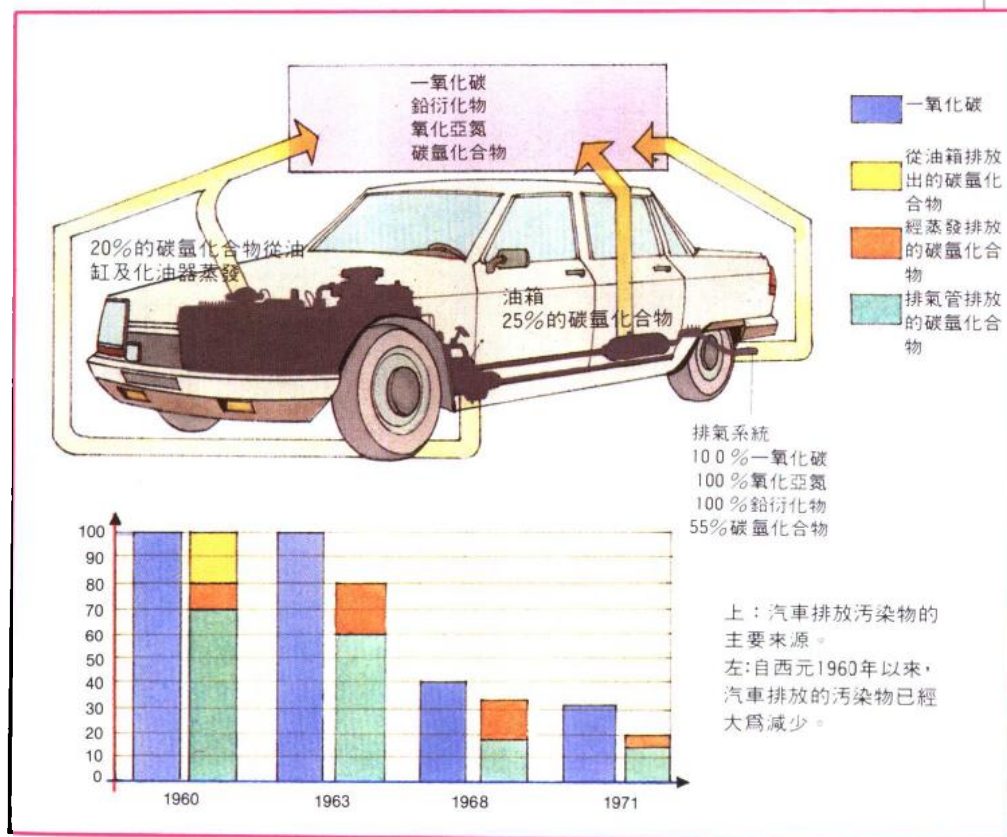
將廢棄物轉變成產品是工業上最基本的手段；再循環及回收使用，在美國已成為最重要的工業課題。最成功的回收使用物質是鐵、鋼、銅、鋅及鋁。汽車用機器輾

碎後，百分之九十以上的金屬部分可供回收利用。非金屬類如紙張、玻璃、碎布和橡膠也可回收使用，例如報紙及玻璃或金屬瓶之回收。今天，已經有很多美國家庭在當地政府及製造商所提供的廢棄物收集中心，做紙張、玻璃和鋁的回收工作。

回收利用除了減少固體的污染廢棄物的量以外，同時也有助於降低有限的自然資源的消耗。但是，由於經濟與技術上的問題，使得回收利用在污染物的控制上，尚

體、液體和氣體的方式存在。放射能是帶有核能的原子核分解時所產生的，這種分解的原子核(即放射核種，radio-nuclide)，可持續很長的時間，同時亦已證實其對人體有害，例如提高癌症發生率、脫毛，及畸型兒等。因此，放射性廢料的處置是一個特殊而重要的課題。

人類自組成社會以來，就遭受到各種污染的問題。古代文明曾經在自己製造的污水、垃圾及其他廢棄物所散佈的疾病下



無法發揮全效。

特殊廢棄物的問題

很不幸地，我們有一些最嚴重的污染問題，並不是以廢棄物的回收使用方法，或其他更新的改革方法所能解決的；比如要減少空氣的污染物，就必須針對引擎中燃料燃燒及煙塵產生的設備上，做結構設計方面的全盤改進，並改變燃料與燃料添加物，方能奏效。

核能發電廠和其他核子反應過程，均會產生一種特殊的廢棄能量，稱為放射性(radioactivity)。這種放射性能可以固

掙扎，甚而被毀滅。早在西元十三世紀時，就曾訂定嚴格的污染防治法令；而由於工業革命與人口的不斷成長，污染已對人類的生存構成威脅，除非我們能馬上減少將毒性物質及廢棄物傾入環境中，否則我們無止境的破壞環境，將威脅到生命的最基本需求——包括可呼吸的空氣、可飲用的水以及適合食用的食物。唯有保存這些最基本的資源，我們才能期望下一代仍能保有這個充滿蓬勃朝氣、乾淨而美麗的星球。

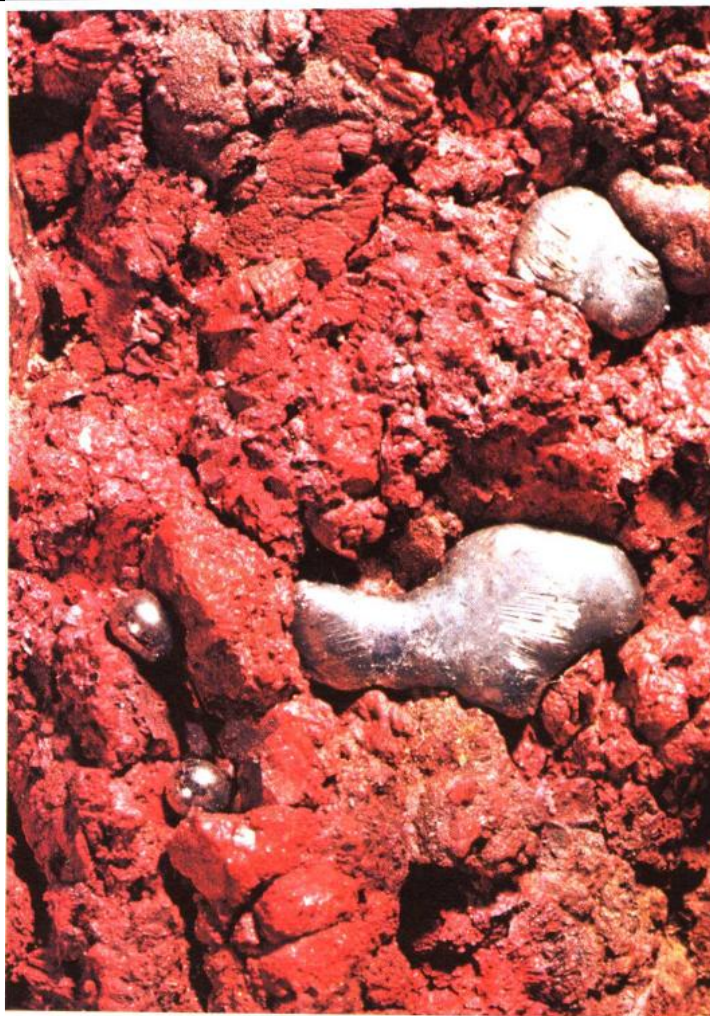
汞(元素) Mercury (Element)

名稱	汞
符號	Hg
符號來源	源自拉丁文, hydrargyrum, 「銀水」。
原子序	80
原子量	200.59
自然狀態	大部分在汞礦中以結合態存在;有時以液態存在。
發現	古時即為人知。
生產	將硫酸鹽礦烘烤,或將硫酸鹽與鐵或石灰加熱而得。
熔點	-38.87℃
沸點	356.58℃
比重	13.593
特性及用途	銀白色金屬,室溫下為液體和其他金屬形成汞齊合金;用於許多測量儀器,有些汞化合物具有醫藥用途。

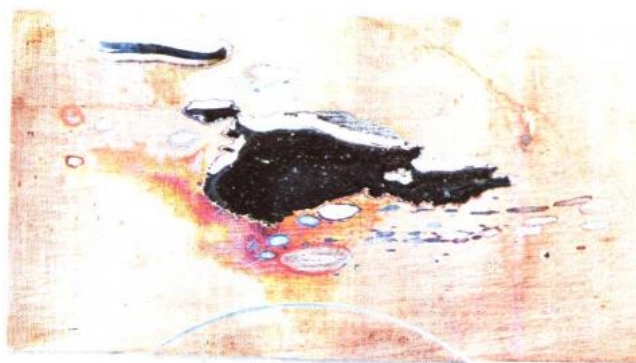
西元 1956 年,有一天,在日本的水俣(minimata)漁村,發生了一件異於尋常的事,幾乎所有的貓在一時之間都死了。這些貓表現出瘋狂怪異的行為,有些瘋狂到極點,甚至跳進海裏。而村民也漸漸感染到一種奇怪而恐怖的病症,最後影響所及竟達千人;病患的症狀有痙攣、情緒不穩、麻痺、腦部傷害,且通常會導致死亡。這種疾病後來被叫做水俣症。檢驗受害人的屍體之後發現,有一種奇怪的物質攻擊並且破壞大腦,使大腦變成海綿狀;它也會影響未出生的胎兒,許多嬰兒生下來後就四肢不全、智能受阻,雖然懷他們的母親都是健康的。

這種傷害最後證明並不是一種疾病,而是一種流傳甚廣的中毒現象。這種毒物污染了村民賴以為生的海洋;它來自當地的化學工業,附近的化學工廠把工業廢物傾倒入水俣海灣中;而汞正是這些廢物的成分之一。它被海灣中的魚及貝殼類吸收,這些魚及貝殼類則為貓主要食物的一部分,也就是村民的主要食物。

水銀中毒已久為人知,它是一種工業上的職業性疾病。「狂如製帽商」一詞源於十九世紀,製帽工廠的工人製造毛帽時,必須用汞處理毛料,因此而常常發生水銀中毒。雖然汞在使用上有危險,但由於它具有極特殊的物理性質及化學性質,使其成為一種具有多方面用途而且極有用的材料。



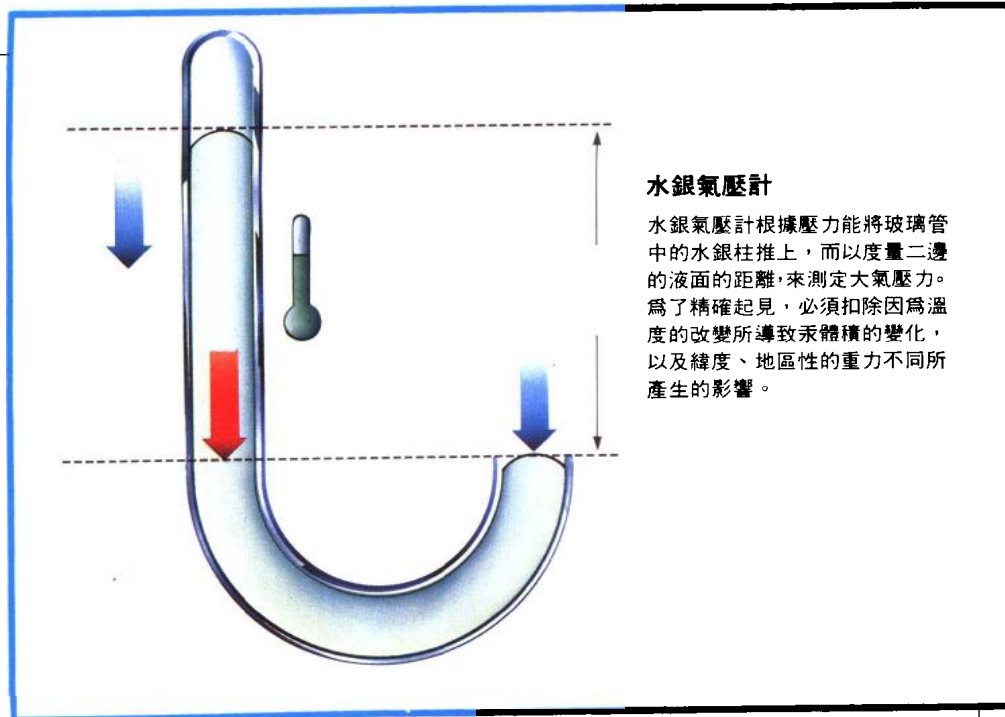
左:硃砂礦中的自然汞。此一金屬通常以純淨的狀態在自然中發現。
下:照片顯示置於一銅片及玻璃片上的汞珠,汞不能濕潤玻璃,但經過一段時間,它會和銅形成汞齊合金。



液態金屬

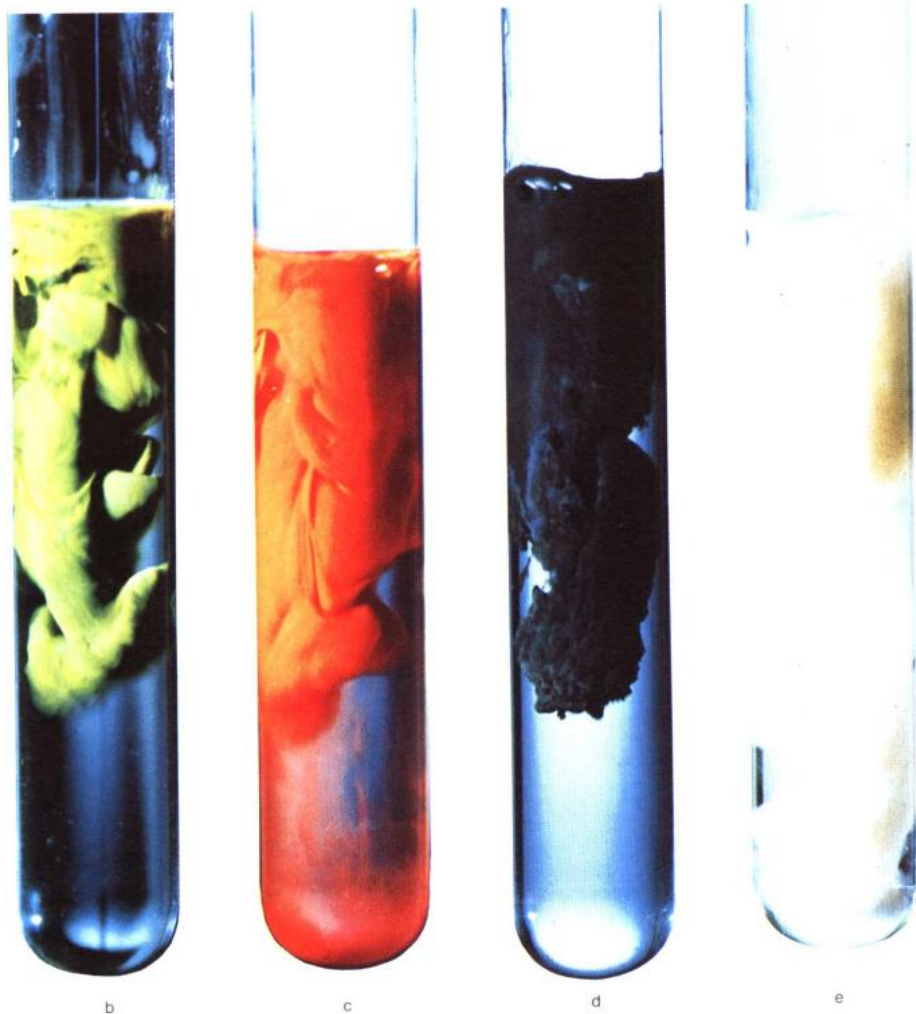
汞的物理特性和其他的金屬不同。它是一種高密度的銀白色液體，是在室溫下唯一的液體金屬。冶金術士把它叫做水銀，它的化學符號是 Hg。汞具有大的表面張力，這表示若將它放在平滑表面時，自己會形成小球，而不會在平面上伸展開來。換句話說，雖然它是一種液體，却不能「濕潤」表面。像所有金屬一樣，它受熱時略為膨脹；但與許多其他金屬不同的是：

下：在試管溶液中，顏色鮮明的汞化合物：(a)碘化亞汞，(b)碘化亞汞及微量的金屬汞，(c)碘化汞，(d)硝酸汞鉍，(e)氯化汞鉍。



水銀氣壓計

水銀氣壓計根據壓力能將玻璃管中的水銀柱推上，而以度量二邊的液面的距離，來測定大氣壓力。為了精確起見，必須扣除因為溫度的改變所導致汞體積的變化，以及緯度、地區性的重力不同所產生的影響。



它的膨脹係數却是均勻的。

汞的化學性質也是同樣的獨特，比較不活潑，但會溶解許多常見的金屬（鐵和鎳例外），形成的混合物叫做汞齊。汞化合物是許多化學反應的催化劑，亦即，它們促進化學反應的進行，但是本身並不參與反應。

應用

因為汞不會濕潤玻璃，同時隨著溫度的增加而均勻的膨脹，因此被廣泛地應用於玻璃溫度計及科學儀器。它的密度使其適用於壓力計。汞也能導電，也因此而用於電器設備，如電池及汞蒸氣燈。汞電池可以做得很小，因此，在空間限制的條件下，汞電池就顯得十分有用，例如助聽器及太空運輸工具。太陽燈則是利用能放出紫外線的汞燈。

汞能溶解許多金屬，使它在某些特定的工業程序上十分有用，例如：汞齊合金是一種回收金和銀的方法。由於它有擔任催化劑的功能，在生產大量製品的工業程序中，汞的化合物也被廣為使用。

汞化合物一度被廣泛用來製造殺蟲劑及除草劑，但由於水銀中毒的危險性，因此必須強調：對於這一類會進入生態環境的殺蟲劑、除草劑，我們儘可能不用汞，以防止重金屬的污染環境。

男性 Male

在英文中，「man」可以指男性，也可以泛指人類。而男性的藝術家和哲學家通常把這兩個意義視為一體；寫及女性時，總是用「第二種性別」來指稱，好像不把她們當作人看待。最近幾十年來，蕭伯納(George Bernard Shaw)所謂的「婦女問題」已經引起了社會學者和醫學者的注意了。而近來，有些學者回頭來研究男性，並且由「人類」中分出「男性或雌性」，專門研究這「第一種性別」。

許多年前，我們就已經知道不論是動物界或植物界品種的延續，都需要兩性來完成——也就是說，由特化的生殖細胞相互結合而成的，這特化生殖細胞就是所謂的配子(gamete)。每個配子都有組成個體所需的一半遺傳物質，當來自父方或母方的配子和另一方的配子相結合後，就會產生一個獨特的細胞，也就是一個新子代的開始。配子分成兩種：一是由雌性產生的卵(ovum或egg)；一是由雄性產生的精子(sperm)。卵較大且固定不動，精子則很小，有鞭狀的尾巴可以游動。雄性或男性的最簡單、最直接的定義，便是能夠產生精子的個體。

雄性動物

在某些種族中，雄性與雌性的差別是很小的，甚至有些黏菌的性別必須要用顯微鏡才分別出來，但我們仍然稱它們是有性生殖。大部分的園丁也分辨不出植物的雌雄，除非雌株上結滿了鮮紅的果實。

在動物界中，雄性在維持種族生存上所扮演的角色並不及雌性來得重要。(這不是說兩性生殖可以不需要雄性的存在。)雄性動物很少負責養育下一代的工作(雖然有些較高等的動物中，雄性也會稍微分擔一些)，在昆蟲類、節肢動物類和魚類中，雄性的地位之低，尤其明顯，牠們的雄性一般都比雌性小，甚至有些種類的雄性動物在交配後，會被雌性吃掉。

大多數的雄鳥會為幼鳥去尋找食物，並在牠們所居住的巢附近做警衛的工作。像狒狒和大猩猩等有羣居性的靈長類，各個小團體是由雄性來統御的，牠要保護幼小及雌性的猩猩或狒狒，以免受自然界的危害和其他雄性動物的攻擊。在獅子界也是如此，但是身材較小的母獅却要做大部分狩獵的工作並且扶養幼獅。在大部分高等動物中，雄性的主要工作是以某種特殊的行為，或用身體性別上的特點如鮮豔顏色



的羽毛，來吸引雌性的注意以進行交配行為。

人類的男性

最複雜的雄性角色是人類的男性，他們不但扮演生物的角色，更扮演文化的角色。男性通常比女性要來得高，來得強壯；他們的骨骼比較厚實，毛髮也較多，脂肪比較少，骨盆也比女性的窄。男性的生殖器官是裝在陰囊(scrotum)內，陰囊則是吊在體外，位於陰莖正下方的囊狀物。

睪丸(teste)是位於陰囊內，會製造精子和雄性激素——睪丸固酮(testosterone)。睪丸之所以位於體外乃是為了使其溫度低於體溫，因為精子在正常體溫下無法生存太久。在形成精子後，精子會游進一個由細管形成的副睪(epididymis)，而後再進入長而薄的輸精管(vas deferens)，最後進入尿道。沿著輸精管兩旁有精囊(seminal vesicle)，在尿道和輸精管交接處有二個腺體——前列腺(prostate gland)與尿道球腺(cowper's gland)。由睪丸、精囊和上述兩個腺體

上：像孔雀等較高等的動物中，雄性以其明顯的特徵來和雌性區別。一些生物學家由自然淘汰的觀點來解釋此一現象，認為這是一種合理的保護機制，可使雌性動物較不受注意，免遭攻擊，以利其養育照顧下一代。

所分泌出來的液體，在尿道處與精子相混合。在性交的過程中，這液體——精液，便會經由陰莖釋放到女性的陰道內。

男性的社會角色

在嬰兒出生後，母親通常是扮演照顧幼兒的角色；但是在孩子漫長發育的過程中，父親也扮演著重要的角色。父親所扮演的角色依文化不同而有不同。在大多數的人類社會中，傳統男性都是外出打獵，並將他們工作的成果帶回家庭。然而事實上，在人類的歷史中，人們所吃的食物大



在人類身上，兩性之間的生理差異並不像某些種的動物那麼明顯。兩性之間的行為差異是文化因素的結果，例如在許多文化中，孩子們被灌輸視男人為狩獵者，而女人為其附屬品。

右：雄性體上有鮮明的顏色，並不只是孔雀獨有的。非洲產的獼猴(*Mandrillus sphinx*)在其鮮紅的鼻子兩側，有藍色的條紋，而雌性獼猴則無。



多是由女性種植、聚集烹煮的。

傳統上，男性統御了政界、宗教界、藝術界和其他如需要正式與人談判的各種領域。在從事這些職業方面，男性總是絕對地勝過女性。因為如此，一般都認為是女性身體構造較男性弱，且女性有照顧幼兒的責任。

最近這一世紀以來，這種情形引起不少爭議，尤其是西方社會的婦女們。現代社會的男性已同意婦女解放運動者所提出的某些抗議，但對另一些要求却仍無法接受。隨著女性社會角色的改變，男性的角色也隨著改變。雖然最後的結果還無法預知，但不太可能成為未來派作家所想像的，男性的角色退化成原始狀態，如同動物一般。

參閱第三冊 52 ~ 53 頁生殖作用 (Reproduction)；第五冊 136 ~ 137 頁性別 (Sex)；第十二冊 144 ~ 145 頁腺 (Gland)。

角(動物) Horn

從犀牛(rhinocero)的外表來看,我們不可能將牠看成是一種性感的動物,但是在非洲,人們却相信磨成粉末的犀角,是一種強而有力的春藥。雖然這也僅是傳說,但有非常多的犀牛即是因此而被人類屠殺,以致其數量減少,幾乎到達瀕臨絕種的命運。犀牛的角,只是令我們對於動物的「角」產生充滿幻想的例子之一。比較而言,只有極少數的動物擁有角的構造,更仔細的說,除了一些爬蟲類動物,如變色龍(chameleon)和蝮蛇之外,僅有一些有蹄的哺乳動物才有角。

角的組成物質

就解剖學上而言,毛髮、羽毛和爪的構

造,都和角非常相似,基本上它們都是由含有大量角質蛋白(keratin)的皮膚細胞所構成。角質蛋白是一種複雜的角質分子,含相當多的硫元素,成纖維狀,防水性良好。我們所熟知的皮革,主要的成分就是角質蛋白。當動物的某些皮膚細胞開始充滿大量的角質蛋白之時,即逐漸演變成毛髮、羽毛或是角,這種過程我們稱為「角質化」。

角的種類

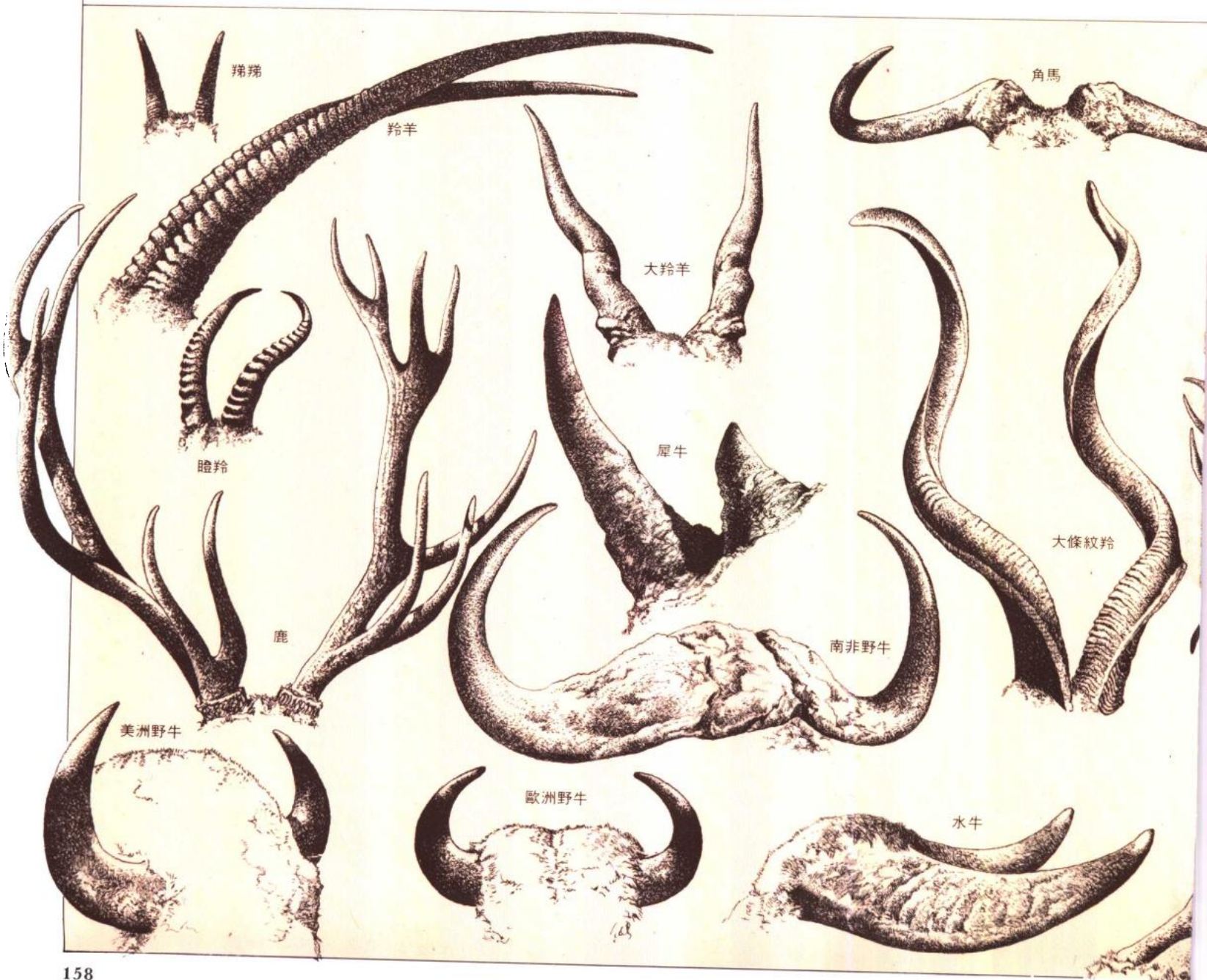
角有兩種基本形式,一種是內部具有骨質的髓(中心),另一種則是無此構造。犀牛的角是由角質化的纖維所組成,彼此互相融合而成一個非常堅硬的實體,故犀牛

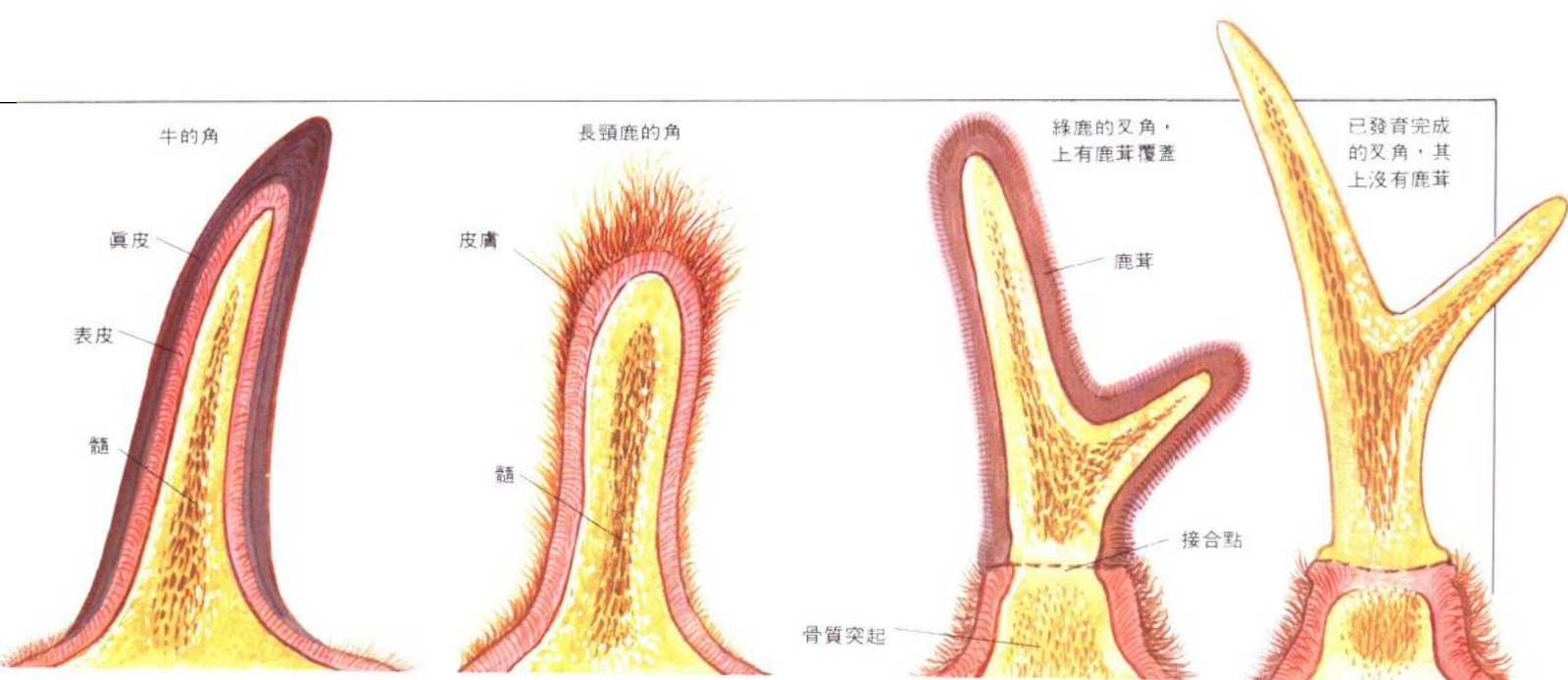
可以利用牠們的角,在金屬片上鑽洞。

犀牛的角是非常獨特的,另有一些動物,如牛、羊和羚羊等,牠們的角內部是空心的,角所包圍的骨質部分是其前額的骨骼突起,因此由牠們的骨骼系統就可說明角的存在。這些動物的角,無論在外形上、大小上,以及表面構造方面,彼此的差異甚大。雖然在某些羚羊中,只有少數種類的公羊才有角,但大多數的羚羊,公羊及母羊都有角。

由角質所圍繞的骨骼突起部分,我們稱

下:正在發育中的鹿的叉角,以橫切面展示其較詳細的主要構造。





爲角突，角突外有一層膜包圍，這是真皮層，可以衍生細胞，這些細胞隨後將歷經角質化的過程，最後形成角。隨著真皮層的發育，角會逐漸變寬並增長，且角會向尖端部位逐漸硬化，當然在它的核心仍是中空的。

大多數擁有中空角的動物，其終生都保有這個角，唯一的例外是叉角羚羊 (pronghorn antelope)，牠們的角每年會掉落一次，每一年也都有新的角由真皮層上長出。這種終生的角也可在變色龍中發現。

長頸鹿和鹿

長頸鹿和鹿的「角」，其實並不是真的角。長頸鹿在其額頭上有骨質突起，但其周圍並沒有產生角質，代之的是普通的皮膚和美麗的毛髮覆於其上。

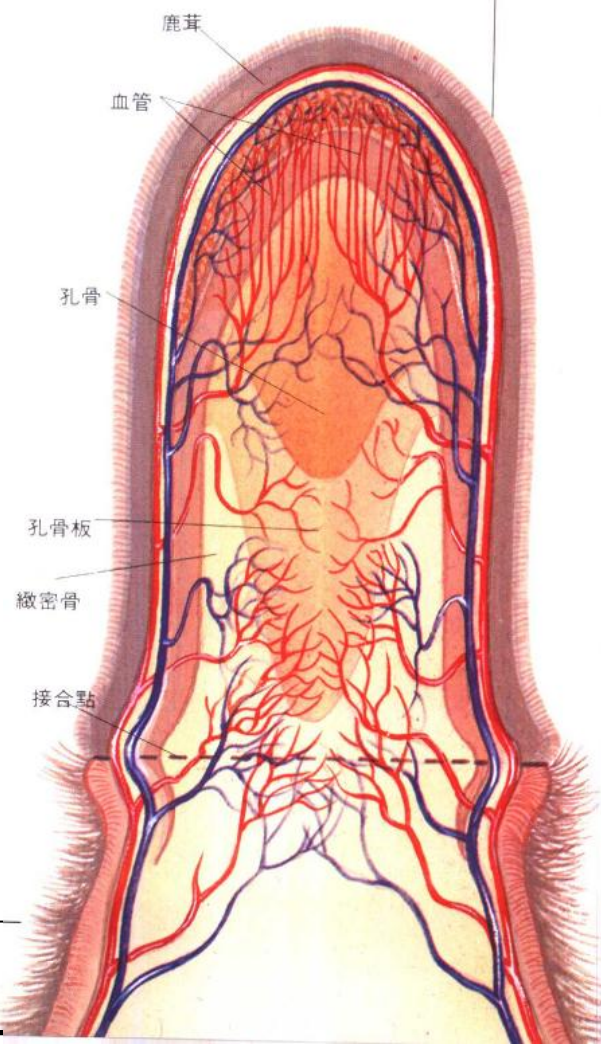
鹿的角，我們稱爲叉角，實際也是突出的骨骼，此骨是生長而突出於額頭之上。一般只有雄鹿才具有叉角，但馴鹿和美洲馴鹿的雌雄兩性都有。所有的叉角每年均會生長，並脫落一次。當叉角生長時，其營養的來源是由一層極薄的皮膚所供應，此構造稱爲鹿茸，當鹿的叉角生長完成後，鹿茸變乾，而鹿也會利用頭部和樹幹摩擦的方式，將這層乾燥的皮膚磨掉。

角的利用

從外表來看，我們很容易可以想到角可以作爲武器來使用，不過大多數有角的動物不會利用它來攻擊對方，而使對方受傷。一般而言，角的功用是用於交配行爲上的假性競爭中。

上：不同種類的角，以橫切面表示其構造，由左至右分別是：乳牛的角，由皮膚所覆蓋的長頸鹿的角，以及兩種不同時期的鹿的叉角。

下：動物的角外形不同，差異甚大。



鳥類、野狼、鯨魚和海豚等類會彼此發聲交換訊息，而蜜蜂則會以特殊信號的舞蹈來表示花粉或水源的方位和距離。不但鸚鵡會模仿人類的聲音，經過人類訓練過的黑猩猩，也會使用上百種的手勢來和受過手語訓練的人或黑猩猩交談。但是，言語——經由嘴發聲來做思想的溝通方式，也許是人類所特有的，因為言語的存在，使得抽象的思想能成爲一種實質的形式。

言語的聲音學

大概是因所有正常人的言語器官都一樣的緣故，所以在各種語言中的發音只有少許的差別。言語是由聲帶、嘴唇、舌頭和鼻腔所共同作用形成的，所以言語的聲音變化可由上述四部分來加以修飾。在絕大多數的情形下，由言語所產生的聲音都可被人耳所接聽到。

聲音的功率，或是說聲音能量散佈的速率是以瓦特來表示。一般交談時言語大約只有 10 微瓦；大聲說話可以產生 1000 微瓦的功率，因此 1000 個人同時大叫一聲，可產生一馬力的功率。

通常言語可覺知的音量，是用分貝 (decibel, 簡稱 db) 來表示。分貝是參照對數表規定的，因此 41 分貝比 40 分貝要大聲 10 倍，而比 31 分貝大上 100 倍。人們談話時的音量大概在 30~50 分貝之間，大百貨公司最熱鬧樓層的噪音約 60 分貝，搖滾音樂會約 120 分貝；而對大部分的人而言，約 140 分貝的噪音就足以造成痛苦了。距離 2 公尺遠的悄聲說話，大約是 20 分貝，而人耳實際上所能聽到的分貝值更在 0 分貝以下。

言語的產生

言語的產生是由肺部內的空氣，急速驅出，引起聲帶每秒約 150 次振動所造成的。隨著振動次數的增加，便會在嘴部和鼻腔造成共振效果。嘴唇的形狀、舌頭的位置和喉嚨是否關閉，都會影響各式各樣聲音的產生。當舌頭觸及口腔上方，嘴唇張開時，空氣由肺部壓出，便會形成「t」的音；若舌頭位置往後移動一指幅寬，聲音就變成「k」的音，如果再加上聲帶的共振，聲音就變成「g」的音了。

語言學是一門圖解言語產生過程的科學。國際語言字母 (International Phonetic Alphabet) 可以描述所有人類已知的言

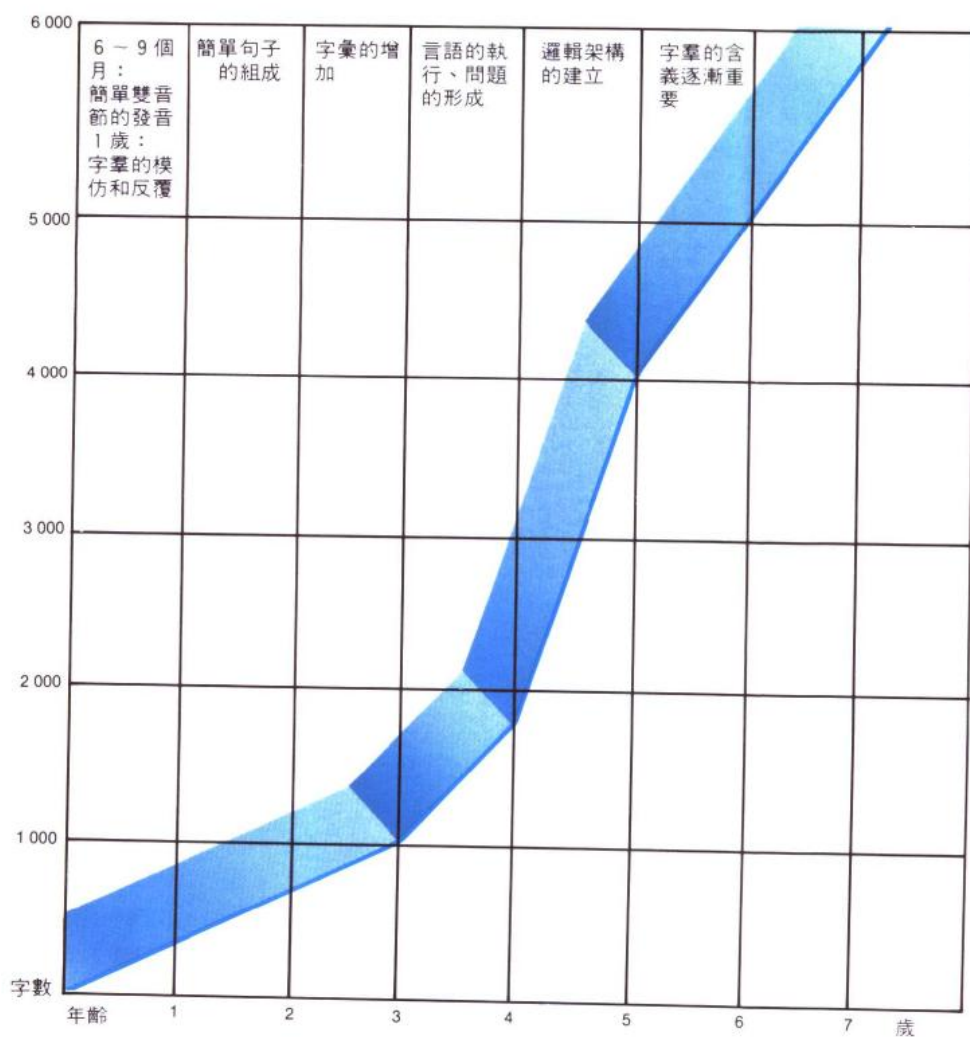
語方式，所以一個受過訓練的語音學家甚至可以立即模仿所未學過語言的語音。

言語所代表的意義

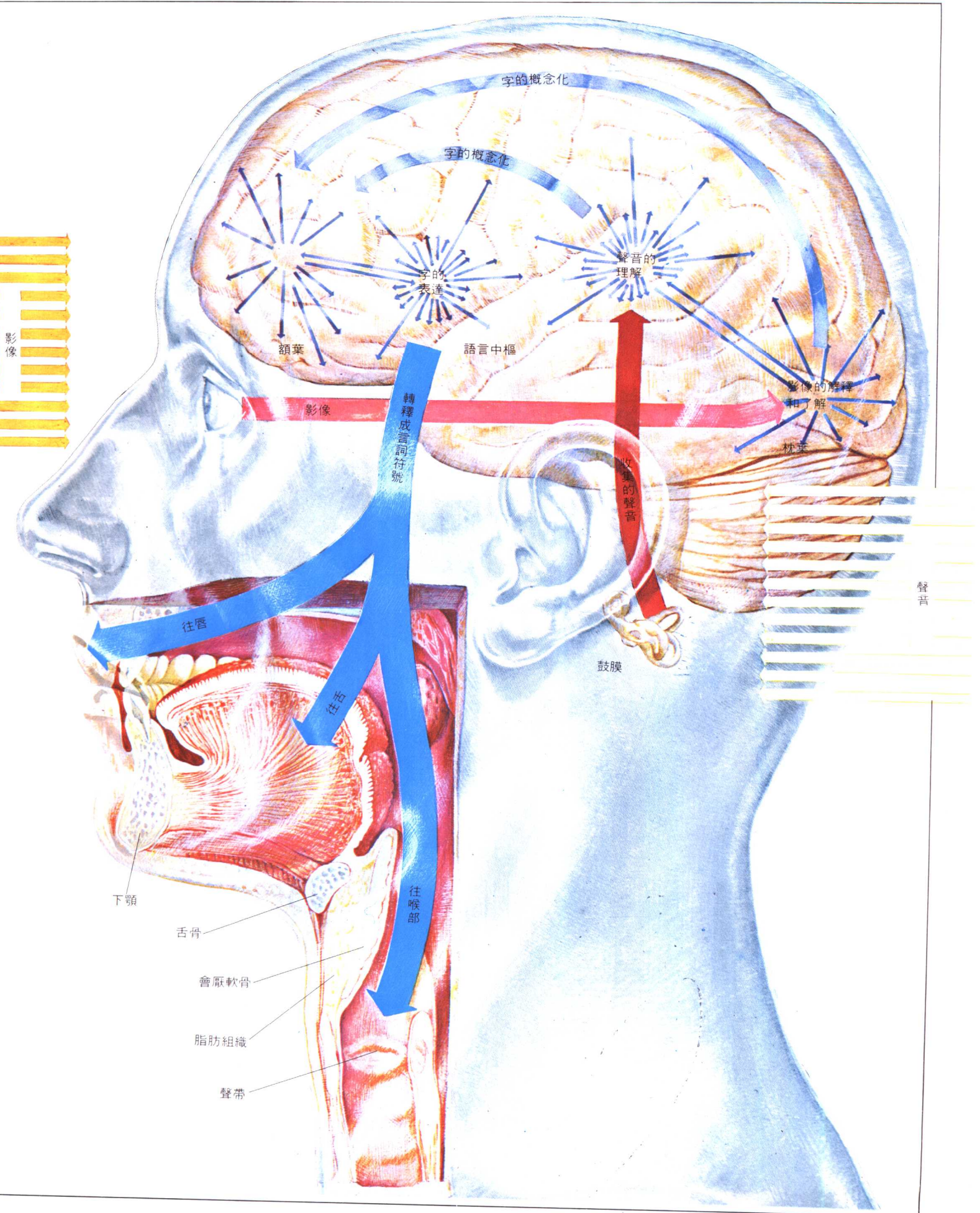
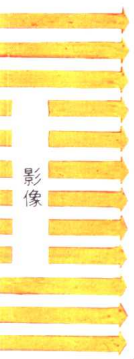
每一種語言和方言都有其一套獨特的基本聲音或音素 (phoneme)，然而沒有一種語言是只有單獨一個音素的。因為言語聲音的共通性，所以人類學家、語言學家和社會學家便利用語言學做工具，來探討言語傳遞所代表的觀念。然而，言語的變化是極複雜的，因為觀念的傳達不僅藉聲

音表達而已，各聲音之間的沈寂也可以表達出觀念的傳遞。

人類是藉著模仿周圍人們的言語，來學會說話的。只要有人羣聚集的地方，就有言語存在。至今至少有 3000 種已知的語言，而這些語言大部分都有幾種方言。人類大腦皮質有語言中樞，有些區域可控制發音的肌肉，有些人可轉譯聲音的意義。這區域若遭受損害，則會造成言語或對言語理解力的喪失。



上: 正常人言語的發展階段。
右: 人類頭部圖和與說話有關之構造。



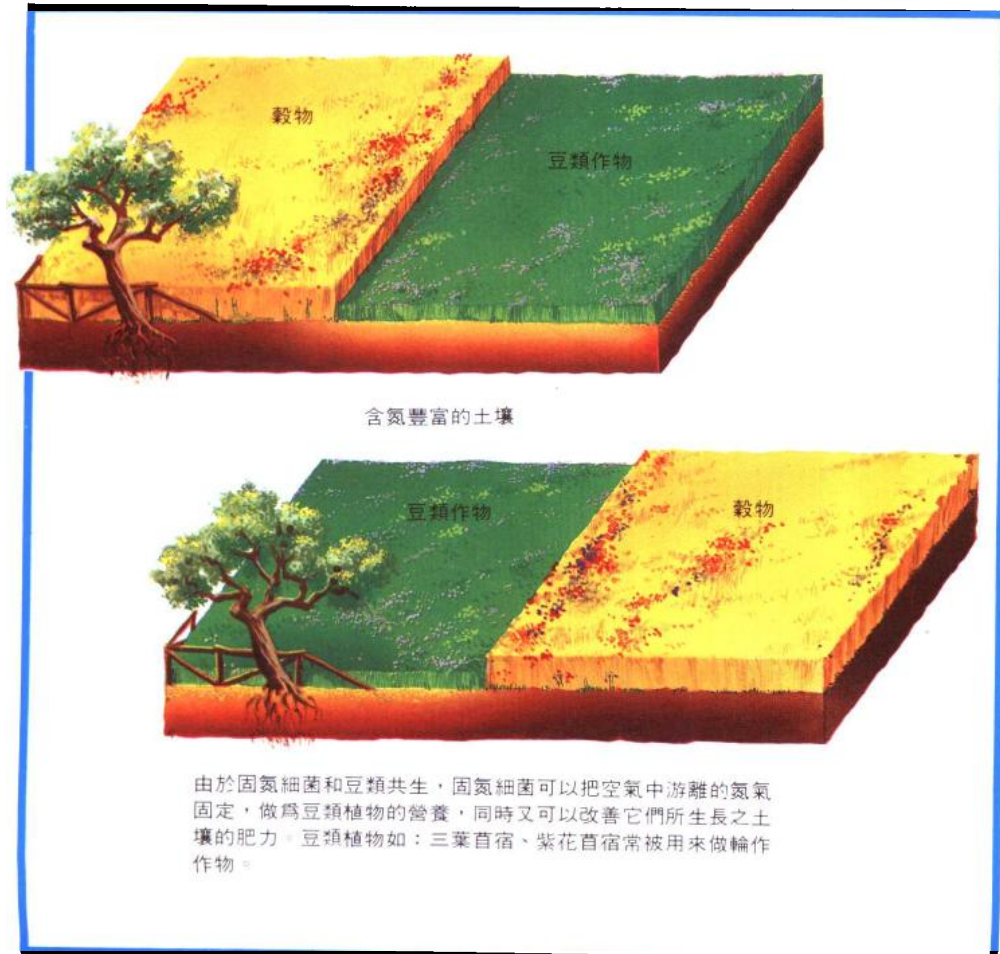
豆類植物 Legume

當我們打開一個豌豆夾，裏面會蹦出滾動的豆粒，這就是豆科植物典型的例子。豆科植物是世界糧食的大宗，全世界有一萬種以上不同的種類，在這許多的豆類中，最普遍的是豌豆、大豆、扁豆及花生。

豆類植物的葉片多為複葉，由一個主要的葉柄和三片或三片以上的小葉構成。我們最熟悉的三小葉葉片就是三葉苜蓿 (clovers) 的葉子。豆類植物的花是雌雄同花，一朵花同時含有雄性和雌性的生殖構造。雄性生殖器官——即雄蕊——和花瓣、花萼形成小的杯狀把雌蕊的子房包圍在裏面，子房內含有數個胚珠。當胚珠受精後會發育成為種子，同時子房成熟後則成為豆莢，此即豆類植物的果實。果實完全成熟時，豆莢沿著接合線爆裂，力量強勁，可把種子彈到數公尺遠的地方。

種類繁多

豆類植物的種類很多，從小草(莖綠色柔軟的草本植物)到大樹都有。在非洲、亞洲和南美洲的熱帶地區，有些豆類植物長得很茂盛，像大樹一樣；而在非洲、美



國和澳洲一些較乾旱的地區，又長得像小樹和灌木一樣。它們也可能長得像蔓藤植物，或甚至像水生植物般的在水中生長。印度有一種水生的豆類植物——水合歡 (*Neptunia oleracea*)，緊緊地攀附在淺水池塘底部，很容易像新鮮蔬菜一樣採收。花生是一種很普遍的食品，也是一種與眾不同的豆類，它的花長在地面，但受精後，子房的基部向下延伸，最後鑽進土壤裏，在土壤裏面發育為成熟的花生豆莢。

大部分栽培的食用豆類植物較小，在溫和的氣候下生長良好的綠色豆類，可做為人類的糧食或種在戶外直接當作牲口的糧秣；三葉苜蓿和紫花苜蓿 (alfalfa) 都是重要的糧草，全世界紫花苜蓿的種植面積約有三千萬公頃。黃豆、扁豆和埃及三葉草等豆類，在地中海地區、印度和亞洲利用很廣，是很普遍的蛋白質來源，也越來越風行於西方國家。豆類植物因為它們的營養價值高而聞名，它們可提供大量的蛋白質和維他命；雖然很多豆類含油量不多，但有些如花生、大豆卻是供應油脂的重要來源。

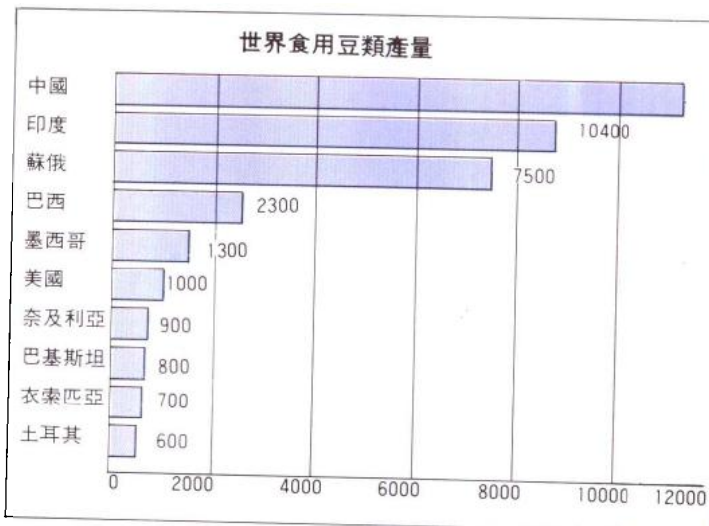


豌豆

扁豆

豆類植物因為它們的莢果而得名，莢果也是豆類植物共同的特徵。上：較常見的豆類植物，它們都具有豆莢

豆類植物在世界糧食生產上扮演重要的角色，大豆和花生是主要豆類食用作物。西元1970年代，全世界每年所收成的豆類作物將近五億公噸。右：圖表所示的生產數字單位是千公噸，依主要生產國產量多寡的次序排列。



提供土壤養分

對農人而言，豆類植物還扮演另一種重要的角色。由於我們呼吸的空氣中含有三分之二以上的氮氣，但這些氮氣綠色植物無法利用，而豆類植物和固氮細菌生長在一起，這些生存在豆科植物根系的細菌可以轉化空氣中的氮氣成為亞硝酸鹽和硝酸鹽，植物便可以吸收利用這些型態的氮來合成蛋白質。如此，不但豆類植物因而含有豐富的蛋白質，同時因為土壤充滿了這

左：不是所有栽培的豆類植物都被用作食物或牧草，像瓦爾內拉豆 (*Vulneraria*)，長得像灌木，因為它有美麗的黃花，有時被當做觀賞植物栽培。

些化合物，來年種在這塊土地上的其他作物也可以受惠，因此很多農人利用豆類植物做為輪作作物的一種，用以固定氮氣，保持土壤的肥沃度。(輪作是在同一塊土地上定期種植不同的作物。)

未來的食物

由於世界上動物性蛋白質如：肉類、魚類、乳酪及其他乳製品的供應漸漸變得有限，將有更多國家利用豆類植物做為蛋白質的主要來源。目前大豆已經是蛋白質的補給者以及肉類的代替品，它常被處理得很像它所代替的肉製品。有些亞洲國家，肉類一向被當作奢侈品，便利用大豆製成各種食品如：豆腐、豆醬和豆糊 (tempeh)——一種醱酵過的大豆做的高蛋白豆糊。可以預見將來還有更多含蛋白質豐富的豆類食品被開發出來。



貝殼(甲殼類) Shellfish, Crustacean

除了魚類之外，人類最常利用的海洋性食物應屬貝殼類了，貝殼類包括軟體動物(mollusk)和甲殼類動物兩大類。甲殼類包括常見的蝦子(shrimp)、龍蝦(lobster)和螃蟹(crab)等等，牠們屬於節肢動物門，是門內的第三大綱。甲殼類具有分節的身軀和成對分節的側肢，牠們和其他節肢動物不同的地方，在於牠們是生活於水中，以鰓或直接由體表行呼吸作用，在其口的前方有兩對觸角。由於甲殼類的種類多達 26000 種，各種之間差異極大，最小的水蚤(water flea)身體只有 0.25 公釐；大的巨蟹，重達 14 公斤，連腿在內長達 3 公尺。因此，我們對甲殼類很難作一個周詳的定義，或是一般描述。

形態和功能

甲殼類是一種擁有外殼的動物，「殼」是甲殼類的主要特徵，其形式變化甚大，例如水蚤具有皮革式近乎透明的外殼，而龍蝦和螃蟹則有極為堅硬、含石灰質以及多種顏色的外殼。較簡單的種類，外殼完全平滑，而其他的種類(如龍蝦)則有硬毛狀的突起，稱為剛毛，位於殼基部的凹處。

剛毛的排列情形依種類而有差異，有些種類只有少數幾根，另有些種類則成排出現。剛毛的用途在於捕捉食物，防止水中漂流物附著於殼上，防止物體流入其呼吸腔內，並可偵測掠食性動物逼近時水流的波動情形。

甲殼類動物的生長，必須在脫去外殼之下，方有可能，這種由激素控制的過程，稱為蛻皮。一隻甲殼類在到達成熟之前，必須經歷數次的蛻皮，蛻皮的次數視種類而定。在舊殼要脫掉之前，新殼即已形成，這時的新殼仍是柔軟的，如此動物體得以吸收水分，並增大體積，不久之後，新殼便逐漸硬化，若下次仍有蛻皮現象，則此時形成的新殼亦將會脫落。除了殼之外，某些種類的體節被背甲(或鰓蓋)所癒合。背甲由頭部向後延伸至軀幹部位，譬如在龍蝦和螃蟹中，相當於胸部的胸環節，即和鰓蓋癒合，這種構造不僅有保護的功能，而且可以增強進入體內的水流，幫助動物體呼吸。

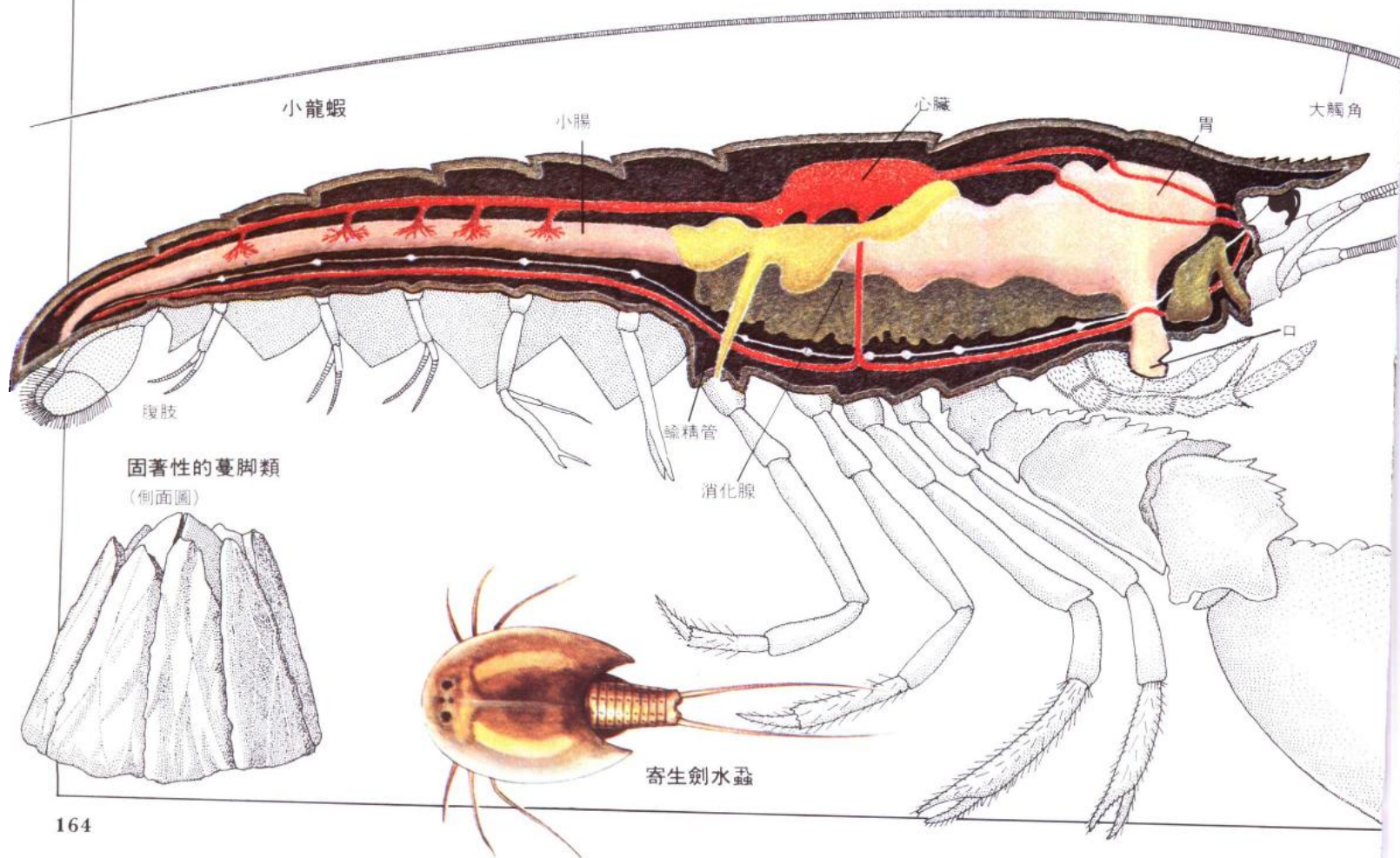
對於那些沒有鰓或鰓發育不全的甲殼類而言，牠們亦必須藉水流經背甲以增強水的流量，以便促進體內氣體的交換，譬如

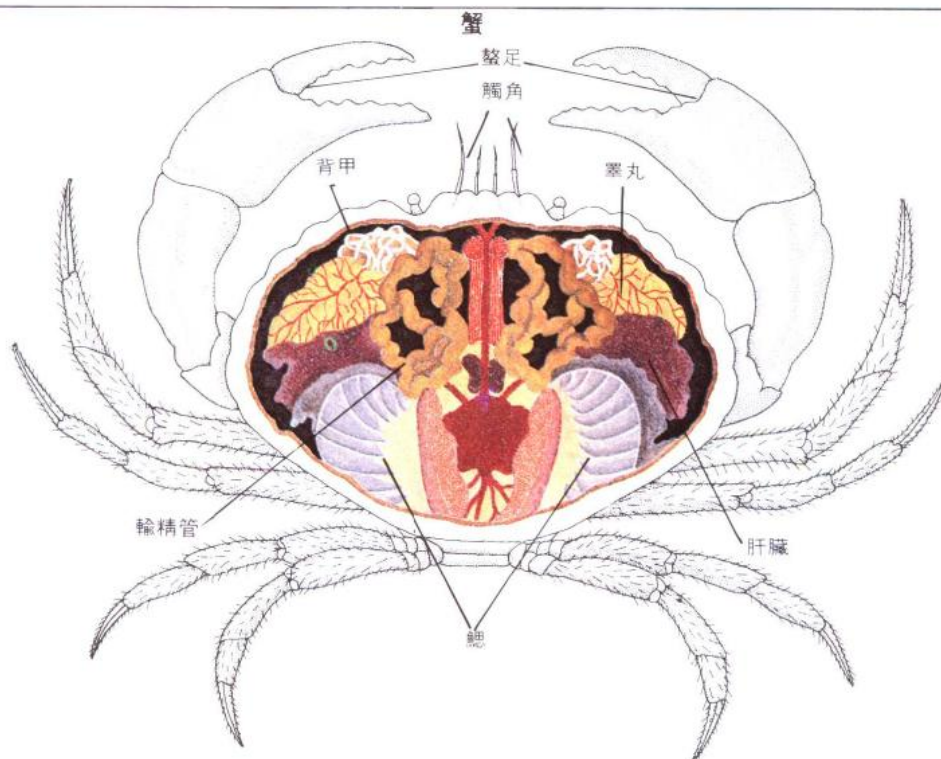
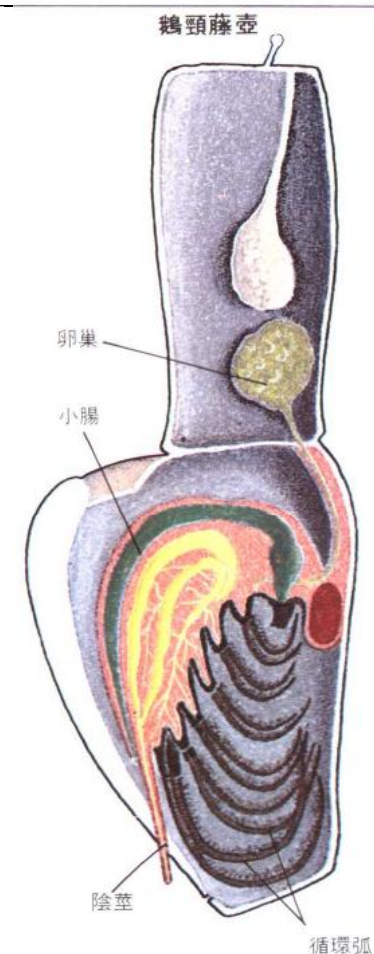
仙女蝦(fairy shrimp)的鰓發育不全，但牠們利用位於軀幹的肢體，攪動海水，如此不僅可以幫助呼吸作用之進行，也有助於動物體的運動和攝食。藤壺(barnacle)也是利用肢體，壓縮海水進出體內，達到攝食的目的。這種方式也是甲殼類和其他節肢動物不同的地方，後者利用肢體做為行動和感覺之器官，而非幫助呼吸。

甲殼類的血液中會含有血青素或血紅素

下：小龍蝦(*Decapoda macrura*)的構造圖
甲殼類具有一個硬但却易彎的外殼，來保護其內部的器官。下左：屬於蔓腳類的藤壺和龜類的外型

右：上方是三種甲殼類的構造解剖圖，水跳蚤(*Daphnia*)是最常見的淡水性枝角類。下方的照片是陸生性的等腳類和海洋中枝角類(*Podon polyphemoides*)





水跳蚤

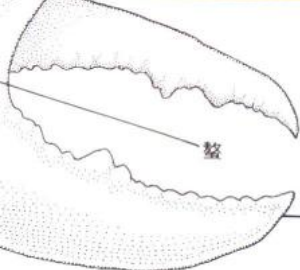
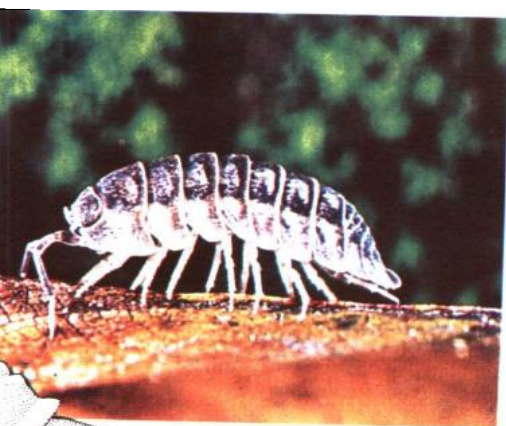
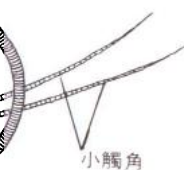
等兩種呼吸色素，能夠增加其運送氧氣的效力。如同大多數的節肢動物一樣，甲殼類的循環系統是由血竇所構成，沒有真正的管壁。血青素內含銅離子，和氧氣結合，會變成藍色，木蝨、龍蝦、螃蟹和螳螂蝦(mantis shrimp)的血液中即含有血青素；血紅素(hemoglobin)則含有鐵離子，和氧結合會變成紅色，大多數的小型甲殼類，如水蚤和仙女蝦等，都是含血紅素的血液。沒有一種甲殼類動物，可同時在血液中含有兩種血色素。

在甲殼類中，牠們口部前方的兩對觸角是最典型的特徵，這是一種感覺器；不過在某些種類中，觸角亦可用於游泳，或可用於抓握固定或運動中的物體，在雄性動物之中，觸角更有助於在交配時，抓穩雌性個體的功能。甲殼類的第二對觸角是呈二分枝狀，位於口部旁邊，用於攝食。另有些寄生性甲殼類，利用這對觸角做為附著於寄主的工具。蝦子的觸角向後彎，使牠們可以察覺後面逼近的敵人。

生殖

不同種類的甲殼類，生殖方式亦有不同。大多數的甲殼類動物都是雌雄異體，其生殖亦屬於傳統的方式，由雌性個體攜帶受精卵；大多數的甲殼類，即是由這些卵孵化，經過幼體時期，而逐漸生長成為成體。

不過，在藤壺、某些蝦子和寄生性的甲殼類中，雌雄同體(hermaphroditism，即一個個體同時有雌、雄兩性之生殖器官)的現象是很常見的。在藤壺的雄性個體中，更有一種不尋常的侏儒症現象，體型甚小，不和雌性個體交配生殖，專和那些雌雄同體的個體交配，這些個體我們稱為互補性雄個體(complemental male)。這些互補性雄個體亦會和那些雄性生殖器官萎縮的個體(亦即此時已是雌性個體)交配。



車牀 Lathe

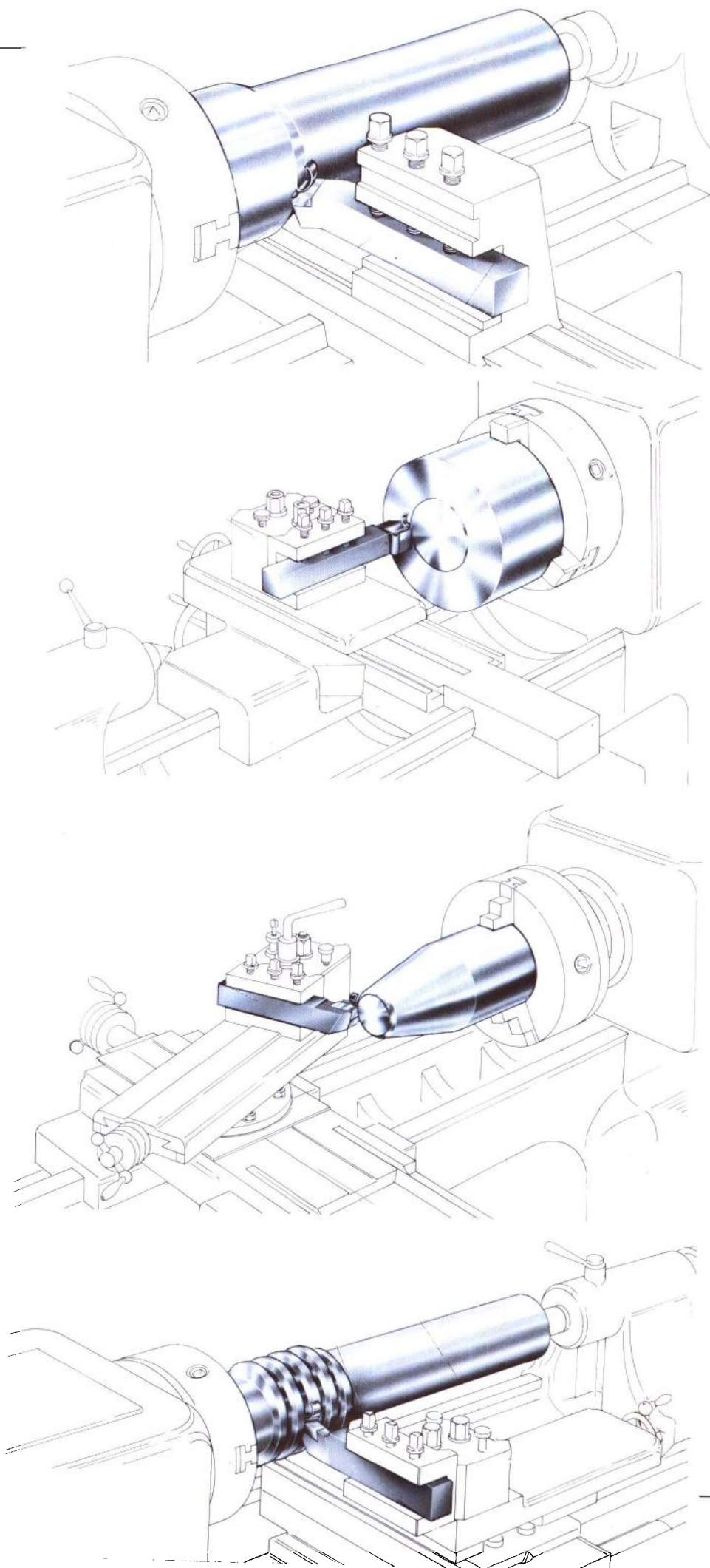
在史前時代，人類的祖先首先學得將一塊厚黏土放在一個旋轉輪子上頭擊打，並運用拇指和其他手指，將這塊黏土做成我們需要的形狀。應用這個方法不僅使壺、瓶等器具的大量生產變成可能，並且因此發展出一個很重要的基本機器，稱為車牀。車牀是將材料放在一個單鋒割削工具上頭旋轉，這情形就像將陶土放在陶製的旋轉輪上，用手指將陶土做成我們需要的形狀一樣。車牀也可將物品做成各種形狀，比如圓柱筒狀、圓錐形和球形等。工業上的成品，從木製定位栓、木頭欄杆，到金屬螺絲和高準確度汽缸的各個部分，都可以製造。

近年來，由於發明高硬度、高碳工具鋼 (high-carbon tool steel)，而使切割其他金屬，甚至切割軟鋼(即所謂的低碳鋼)成為可能。在動力方面的進步，也由古代的人力踩踏，轉變成蒸氣動力、內燃機引擎，到最近的電動機啟動，使得車牀成為工業生產的最前線。因為車牀的加入生產線，突然使工具、機器的生產速度加快，不僅提高產品的準確度，同時也降低了生產成本。直到近年，生產自動化後，車牀變成用來處理金屬表面形狀的重要工具。通常使用的方法有切割、磨光和拋光，除此之外，其他新技術也在迅速發展之中——比如螺釘和螺栓的螺紋割削(稱為螺紋法)，細工品的內部成形(稱為鑽孔法)，基面的圖案切割(稱為平面切削法)和應用於硬滾軸表面的輓紋法。

組成車牀的成分

車牀在運轉時，是用鉗和夾頭(這類裝置稱為制動裝置)來固定物品，制動裝置是擺在車牀的車頭和可移動的車牀尾座之間。車頭則是連接在車牀機器的牀面，可移動的車牀尾座可任意調節車牀牀面的長度。而在車頭和車牀尾座的內部都有心軸裝置，如此才能轉動物品。至於皮帶和齒輪系統則用來控制心軸轉動速度。心軸的轉動速度大小決定於材料及希望成形的形狀。在十七世紀，當木車牀用來製造家具的表面裝飾品時(比如在當時流行的桌子、椅子、有球根狀的桌腳、椅腳)，皮帶、齒輪系統就已經是車牀的一個重要的部分了。

車牀的切削工具，具有水平移動(所謂水平是指平行工作件的軸)和鉛垂方向(呈90度直角)移動的特點。所以對要割削成



左：一系列圖形，表示車牀如何藉著交換車頭夾、割削工具及轉動刀架托、車牀尾座的方式，將金屬車成各種不同的形狀：

某一特殊角時，只要同時調整割削工具的水平方向和鉛垂方向位置就可以了。在十七、十八世紀時，割削工具仍由手工操作，因而割削工具的穩定度全決於操作者手的穩定度，也造成成品品質因人而異的缺點。到了十八世紀末，一位法國發明家，安東尼·沙奧特 (Antoine Thiout) 解決了手工操作割削工具穩定度的問題。他的方法是將一個鉛製的螺釘 (它是一根長條狀鉛棒，在鉛棒上頭刻有穩定螺紋)，以平行工作件軸的方向放在車牀上的溜板固定住。這溜板是可調節的，它的作用是用來支撐割削工具。這時藉著旋轉鉛製螺釘，溜板和溜板上的割削工具就會沿著工作件要成形的方向，穩定地移動。過了不久，約在西元 1800 年左右，英國發明家亨利·馬茲里 (Henry Maudslay) 應用沙奧特的原理，發展出可用於工業化

雖然車牀是一個很古老的工具，但現代車牀——即有一個裝有割削工具的轉動刀架——只有 200 年左右的歷史。下：機械工廠中車牀轉刀架的基本形式，圖中所示是車牀工作的重要部位。右：在方框內的是車牀尾座的放大詳細圖。

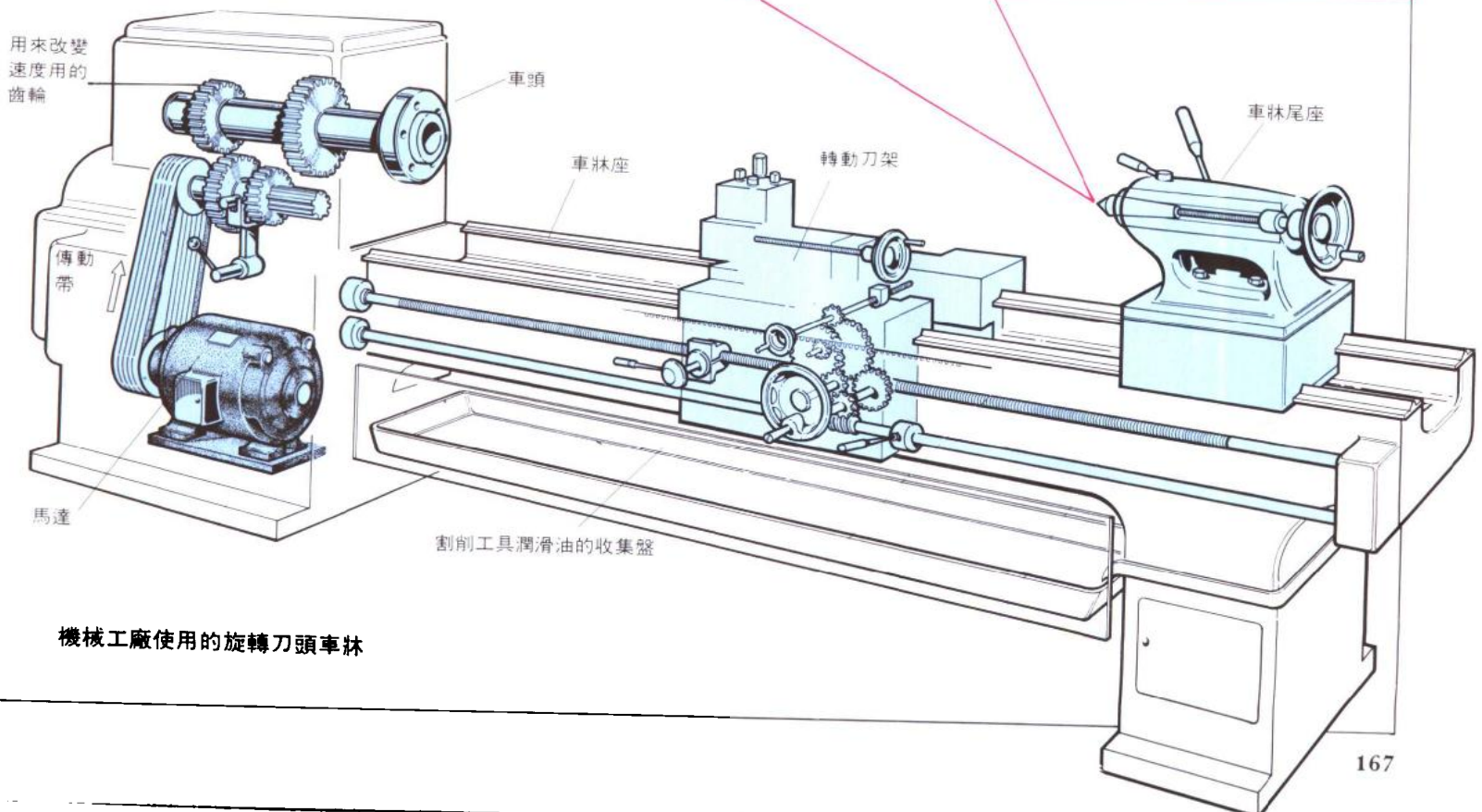
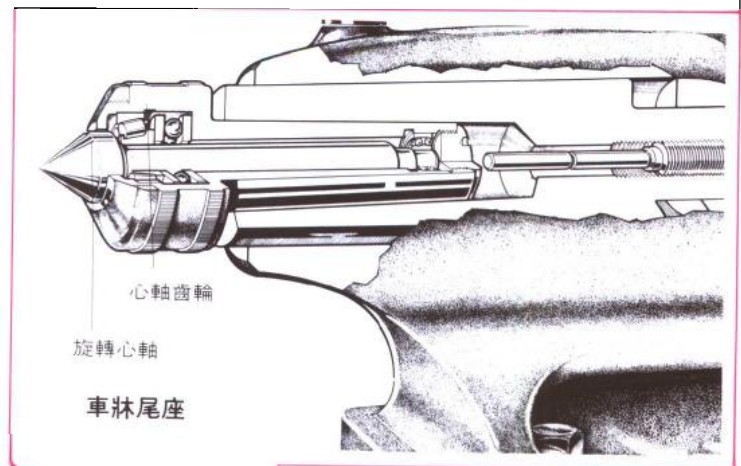
大量生產的車牀，不僅生產速度比當時的他種車牀快，所生產的產品也更精確。

現代改進的車牀

現代各種車牀中，最為大眾所熟知的車牀是早期的機動車牀 (engine lathe) 或稱中心車牀 (center lathe)。這種車牀是用一個可調節速度的電力驅動動力來運轉心軸和縱向割削工具。這種車牀的另一個特點是，雖然這是一個完全自動操作的機器，但成形工具鉛垂方向的運轉則是藉著手調溜板上的進刀螺旋裝置來控制。西元 1839 年又發明了車牀迴轉刀架 (turret lathe)。這是在一個多角刀架上放有一系列各種不同形狀的割削工具，由於這個刀架托可以在溜板上旋轉，所以稱為迴轉刀架。運用這個迴轉刀架，可以很迅速地更

換不同的割削工具來處理工作件，而不需要停車或換裝刀具。

另一種很重要的車牀，最初只用來生產很小，而且必須有高準確度的產品，這種車牀稱為自動螺釘車牀 (automatic screw machine)，主要用來生產螺釘和螺栓。在同一時期，另有一種形式的車牀，有 16 個心軸，或者只有一個心軸，但附有複式轉動刀架。這類型的車牀可設計一連續操作，而能快速大量生產一些複雜微妙的機器。車牀轉刀架和自動螺釘機等車牀，都可由調整水平和鉛直方向，做出各種不同大小的模型。另外，鉛垂車牀使用在工件太重或太大而無法水平旋轉的場合。將工件固定在旋轉桌上車牀則水平進刀，上下移動。這種情形就類似製造陶瓷用的旋轉輪。



機械工廠使用的旋轉刀頭車牀

車庫 Garage

由於人們對於車子的喜好，使得人們想讓自己所心愛的車子有一個遮風蔽雨的地方，於是車庫就興建起來了。車庫除了給予汽車遮蔽停靠以外，也是清洗和修護的所在。車庫存在的歷史和汽車一樣的久遠，最早的车庫也許是由馬房所改裝成的，主要是用來保護車子以免受到損壞，在今日依然可以看到這些早期的車庫。乘客服務團體(motorists' service organization)最早是在西元 1902 年由一羣汽車擁有者和喜好者所發起的，到現在這個團體並非只致力於道路狀況的改進，也致力於對修車廠(repair garage)成立監督網。

家庭車庫

現在的车庫，大多是和住家建造成為一體，如果不是在住家旁邊增蓋一間，就是把地下室擴大成為停車間。在大多數地區的法律都要求連接式的車庫必須要具有防火的能力。主要是因為汽車會排放出各種不同的易燃氣體和油脂，所以防火安全法中特別要求：車庫的天花板和牆壁都必須做到使大火蔓延到住家的可能性降到最低才可以。

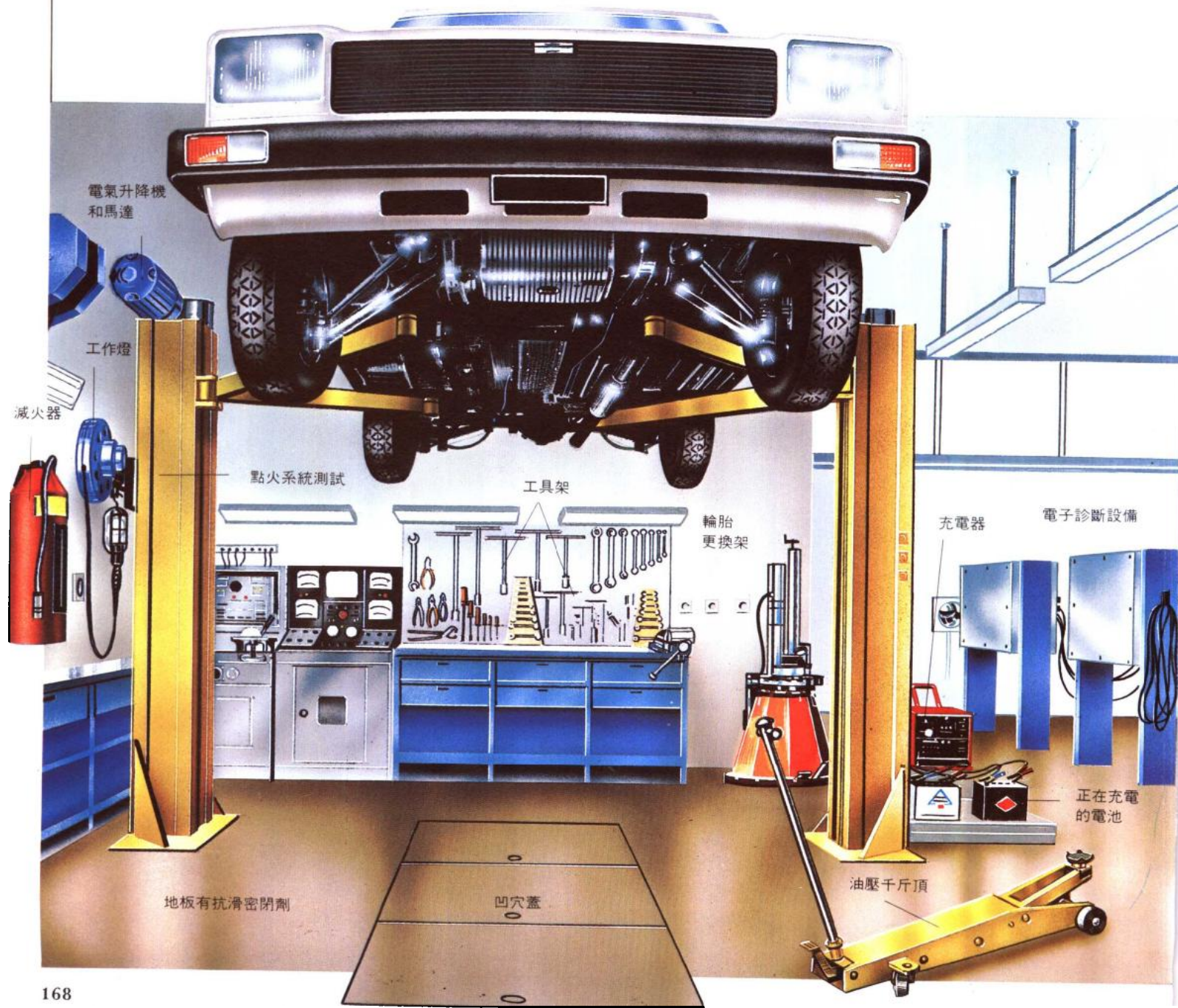
最適合家庭車庫的裝置是無線電控制門。目前的電子技術，已經把這種設備做到非常具有經濟效益，不僅是住家買得起，容易安裝，而且也容易使用。只要從車子裏裝設一個小盒子，傳送無線電訊

號到車庫門前滑動系統中的電動馬達啟動器，馬達就會自動地將門打開或是關上，根本不需要駕駛人離開車子來開門或關門。

修車廠

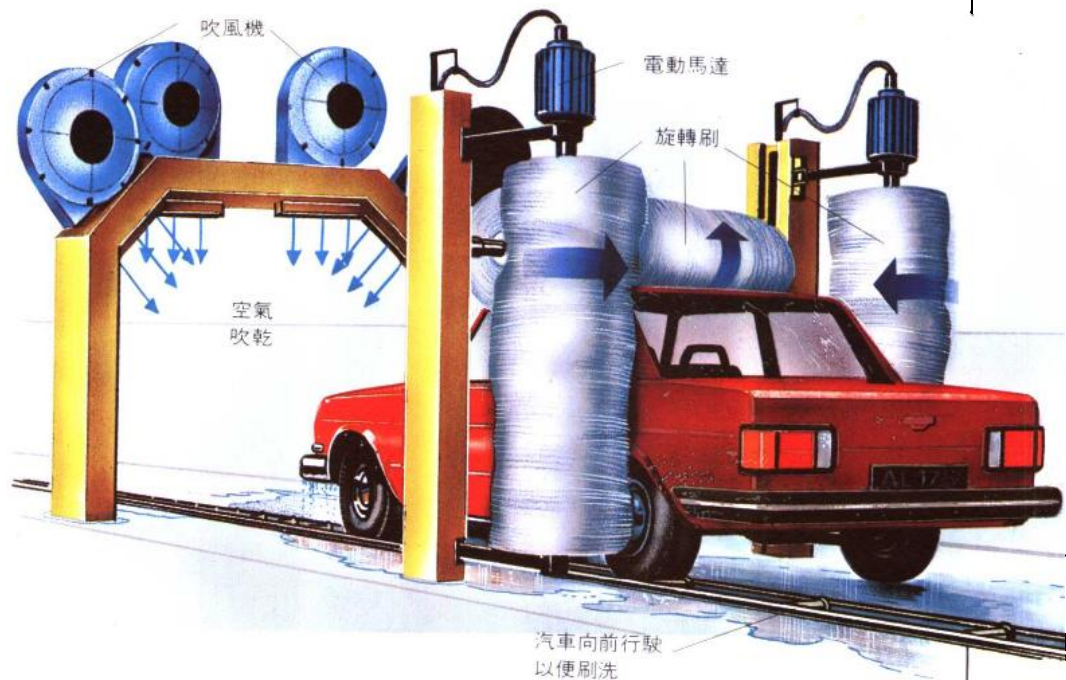
有些車庫是以商業的立場存在，純粹只是做修理和維護的工作而已。想要找到一家服務良好的修車廠，就跟要找到一位好醫生同樣的困難。通常可以經由朋友的推薦，或各種乘客服務俱樂部的幫忙來尋找。除此以外，在一般的汽車商店中都會保存有信譽良好車店的目錄，也可以拿來做為參考。

小型的機械修車廠通常一次只能對一輛





上：重吊車是用來曳引那些在公路上發生故障的車子。如果車子不能夠在故障地點立刻修復的話，就由吊車拖到修車廠去修理。



下：完整的汽車維護應該包括一般的洗車設備，因為泥土和道路鹽分這些有腐蝕性的物質，會對車身表面的油漆造成傷害，甚至到了最後還會對油漆底下金屬有傷害。圖中所示的是自動洗車設備 (automatic car wash) 的主要工作部分。

車子做整修的工作，但中型或大型的修車廠則會有許多廠房，每個廠房都可以容納一部車做整修工作。通常每個廠房所擔任的工作都不相同，各有獨立的服務項目。譬如說，這個廠房裝設有特殊工具和機器，專門負責做前輪定位的調整工作；另

外一個廠房則可能專門負責做煞車器修復，或引擎調整的工作。

雖然修車廠的結構差別很大，大多是具有防火的功能，地板是特別緊密的混凝土所做成，以避免吸附任何油脂。天花板通常都懸吊著一長列的照明燈，使廠房通明以便於工作。

大部分的修車廠都有油壓升降機 (hydraulic lift) 的設備。這種升降機就是利用油壓唧筒系統，經由一根中心柱或是兩根旁柱共同作用，將車子舉到半空中。這種方法要比舊式利用長方形凹穴的方法好。舊式挖坑的方法，是將車子停在地板上，而在車底下挖一個深 2 公尺左右的長方形凹穴。這種長方形凹穴除了可見度低和工作環境差以外，清潔維護的工作很難做得好，工作人員也很容易跌落坑裏，相當具有危險性。所以這種設備在許多地區都已經被明令禁用了。

在機械修車房中，常可以看到的其他奇異裝置，像引擎升降機 (engine hoist) 就是一種類似舉重機的設備，可以將引擎舉離車身底盤。還有一些水槽專門設計用來洗車子零件所積存的油垢和灰塵，零件修復之前的清洗工作是很重要的，這種槽中還含有去油劑的水管，以便能清洗骯髒的地方。

雖然機工人員使用的大都是手工具，像

螺絲起子、插座、扳手等，現在也使用各種有動力的設備。像氣動棘輪就能夠迅速地將螺帽和螺釘分開，而衝力扳手則可以將比較大的機件像輪子和車軸等迅速地拆下。這種空氣動力工具 (pneumatic tool)，是利用壓縮空氣的方式來工作，而不是像引擎中利用電動點火的方式，因此在充滿易燃物的修車廠環境中，是種相當適用的方式。

在修車廠機械中最進步的就是電腦診斷器 (computer diagnosis) 的發明。利用電腦診斷的方法，可以在零件還沒有變成無可救藥以前就測出它的毛病。並且使用這種診斷儀器時，並不需要將車子的各部分拆除下來，只需將要檢查的部分，用鉤子鉤住通到感應器中就可以了。經過診斷後的結果，就會在電腦的陰極射線管或 CRT 上顯示出來。這種顯示是將電子訊號轉換成為可見波圖的方法。對現在的新車而言，這些儀器就更加地顯得可貴了。現在新車系統中的不同零件都裝有各種不同的微電腦，例如電子儀器能夠自動地控制空氣調節溫度，以及燃料的配備等等。而且也能夠自動地通知駕駛人，現在車子運轉的情形是每加侖跑多少公里。由於越來越多的汽車功能，都逐漸地利用複雜的電腦系統來加以控制，所以電腦診斷器也就對汽車的健全與否越來越重要了。



油壓升降機

在這個修車間中有油壓升降機和電氣升降機，專門負責將車子升高以便做底部檢查。電氣升降機設備主要是在修理間的地板無法容納一個長形油壓升降柱時使用。

里程計費表 Taximeter

以一般的機械元件，很少有像里程計費表一樣，能有效地為許多人工作。裝設在計程車內的里程計費表，提供給乘客、計程車司機、車主，以及政府機關四者間各種不同的需要。

形式和功用

里程計費表，通常都裝設在計程車的前座，當計程車載客時，由司機按下里程計費表，使它在任何時間都能正確的顯示乘車的費用；里程計費表之形式，可分為典型機械式、電子數字顯示式、更進步的微電腦式等，其計費方式如下：

典型機械式——是由汽車齒輪箱帶動碼表線，以所轉動的圈數，來計算出汽車輪胎轉動之圈數；由於各種車型之輪胎，其形式大小亦不同，一般標準胎每公里應轉動 637.5 轉，其他如福特全壘打 660 轉，裕隆速利車為 672 轉；再者行駛高速公路之高速胎為 692 轉，由於各車型輪胎大小不同，因此裝設之里程表，也應注意其所裝配之齒輪箱是否適合。

電子顯示式之里程計費表——其形式看起來像是電子計算器一樣，可以迅速正確

地把行駛的里程數、所需金額，都顯示在螢光幕上。其原理係利用裝設於齒輪箱之感應器(sensor)，將輪胎之轉數，感應出電子訊號；一般感應器有光電感應式(photo sensor)、磁力性感應器、磁簧開關等；經由感應器所產生之訊號，轉到里程計算回路、金額計算回路，經運算處理後將其結果顯示到螢光顯示幕上。除了上述計算顯示功能外，里程計費表，使用類別還分為往、回、等待、空車等不同的項目，可依需要按下適當的按鍵，收取不同

的費用。

微電腦式里程計費表——其功能較典型機械式、電子顯示式為多，如一般載客之里程數、行車里程、每次載客之金額，以及金額之總累計，除運算顯示功能外，尚能做更多的記憶、貯存等，其記憶容量由早期的 16 千位元(Kilo bit)、擴充至 32K、64K、128K 等，甚至可加上印表機，和磁碟機等，可提供乘坐旅客之收據，另外磁碟機(disk)所記憶之磁碟片(flopp)的資料，可以藉由大型電腦來處



上：電子顯示的里程計費表 本地的計程車大都採用這種機械。外殼採用鋁合金裝置，耐震動、耐衝擊；左下：德國計程車的里程計費表；右：美國式的里程計費表 右上為內部的結構圖。



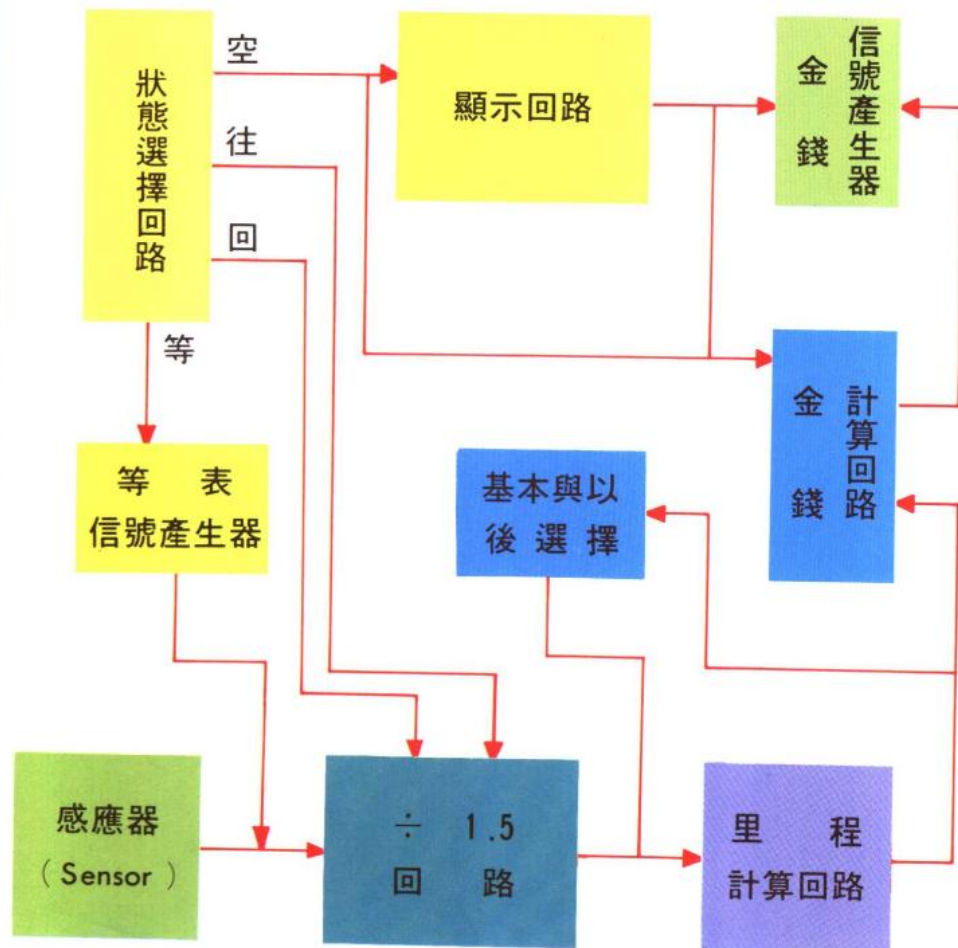
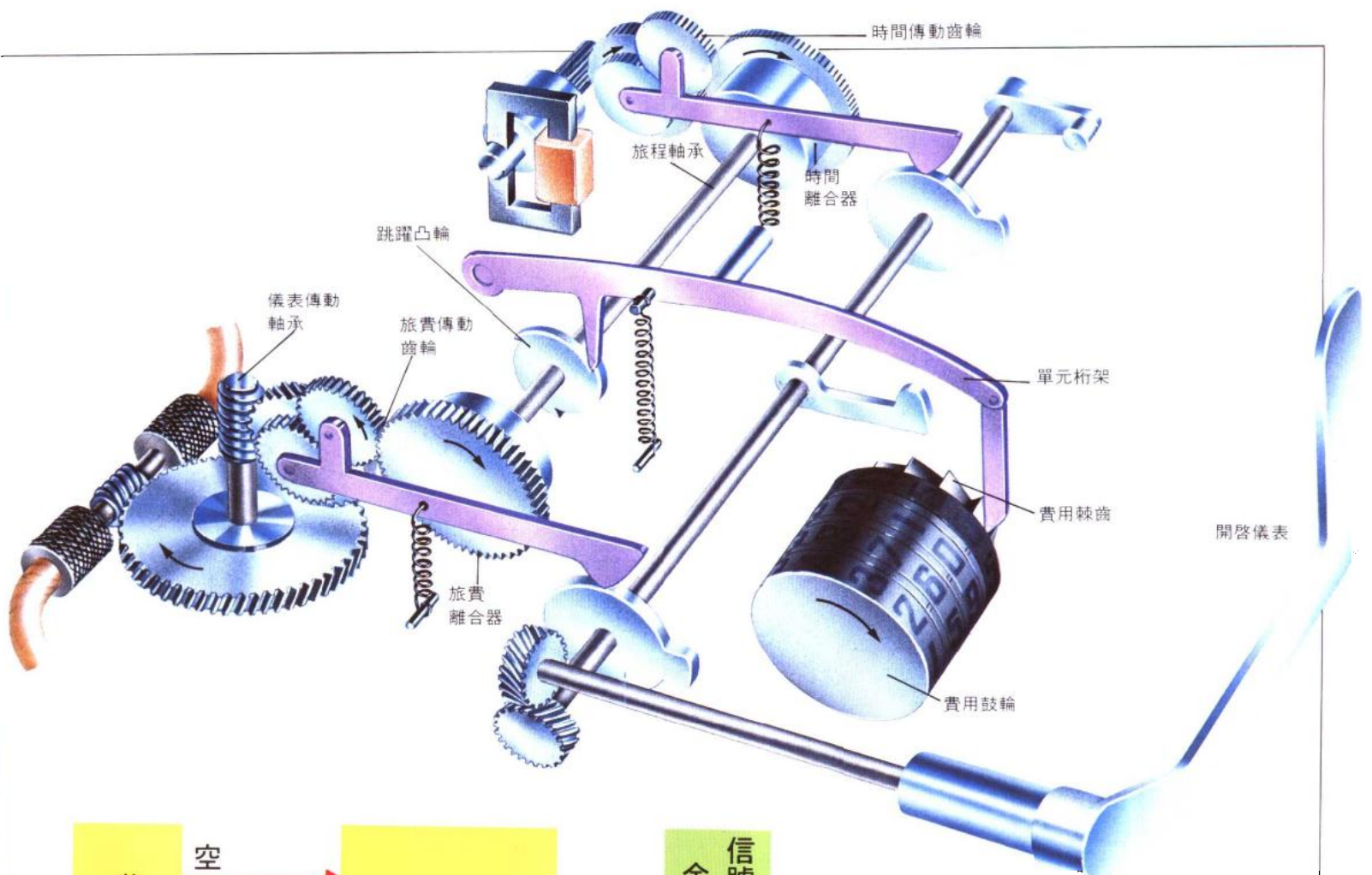
理，作為計程車司機與車主間之勤惰考核與工資利益之分配，以及行車狀況之了解；亦可提供給車主與政府之間作為納稅的依據。

里程計費表的管理

通常，在任何地區的計程車，都必須接受當地的政府機關所管轄，台灣地區則由中央標準局所屬的度量衡檢驗所來管理。為了維護大眾的權益，度量衡檢驗所精確地檢查每一輛計程車所安裝之里程計費表，由檢定所人員拆封，當場調整、檢定後查封，以免少許計程車司機更動計費表，獲取不法利益。

計程車主和里程計費表

在國外雖然很多計程車司機擁有自己的



車，但是仍然有許多司機駕駛車主的車。通常，除了小費之外，計程車司機被允許保有里程計費表所記載的某一比例的錢。舉例來說，一般計程車起步後的半公里跳一次表，而接下來的每 0.25 公里跳一次表。司機的收入，即以最初起跳的 80%，和以後每跳一次表的 35% 來計算。因此，里程計費表必須記憶這些數目，以便司機和車主計算所得分配之用。

台灣地區計程車起跳 1 公里，接下來每半公里跳一次表；計程車司機和車主之分帳方式很少依據里程計費表，而是以包日、包月等租賃的方法，由司機向車主繳納款項，或是言明車主每月發薪給司機等不同之方式。

更換里程計費表

里程計費表的變更，須由政府核准後辦理。舉凡石油漲價、跌價、稅率調整、物價波動，或政府的政策變更等等，都是影響計程車資的因素。此時，計程車司機應到政府指定的地點，將原已鉛封的里程計費表打開，更換新的里程計費表，再到度量衡檢驗所檢驗核定後再封妥，才可使用。

乳品是年輕人所能消費的一種最重要的食品。除了含有充分的鈣和磷可供骨骼正常發育之外，乳品還含有各種必需的維生素和胺基酸。成年人每天只要喝 500 毫升的乳品，就可取得建議性平衡膳食量的 90% 的鈣，30~40% 的維生素 B₂，25~30% 的蛋白質，10~20% 的維生素 A 和 B，10~20% 的熱量，以及 10% 的鐵質和維生素 D。

雖然所有的哺乳類動物在生命的初期都可完全依賴乳品為生，但科學家仍未完全了解乳品是如何發揮它的營養功能。乳糖(lactose)缺乏時可導致骨骼和神經的疾病，但是科學家仍不明白究竟乳糖的重要性是因為它在新陳代謝中具有特殊的地位，或是因為它本身具有特殊的性質。除了鈣和磷之外，乳品還含有其他維持生命所必需的礦物質，如鉀、氯、硫、鎂、鋅、銅和碘等，這些礦物質可和其他的食品營養素相互作用，以維持身體的礦物質和酸鹼含量的平衡及調節酵素的活性，並

協助必要成分在體內的流動，但是對於它的作用方式仍未充分了解。

乳品的生產

儘管我們對乳品的作用方式仍不很了解，但這並不影響它的使用。乳品、乾酪、奶油和其他的乳製品都已經生產了好幾個世紀，而且乳品和乳製品的生產也是一項龐大的工業。

多數的乳品都是來自乳牛，但是印度和部分亞洲地區的水牛、地中海地區的羊、北非和阿拉伯的駱駝和北歐的馴鹿等也都是重要的乳品來源。天然的乳品可能含有有害的細菌，為除去這些病原菌，乳品要在 63℃ 加熱 30 分鐘，或在 72.2℃ 加熱 16 秒鐘，或加熱到 85℃，以達到低溫殺菌的目的。將殺菌過的乳品轉送至乳酪分離機，放在一個密閉的盤碗式離心頭底部，以每分鐘 6000~10000 轉的速率旋轉，此時盤碗裏的乳品會沿著碗的內緣形成分層的碟狀物。較輕的乳酪，含有較少的脂肪

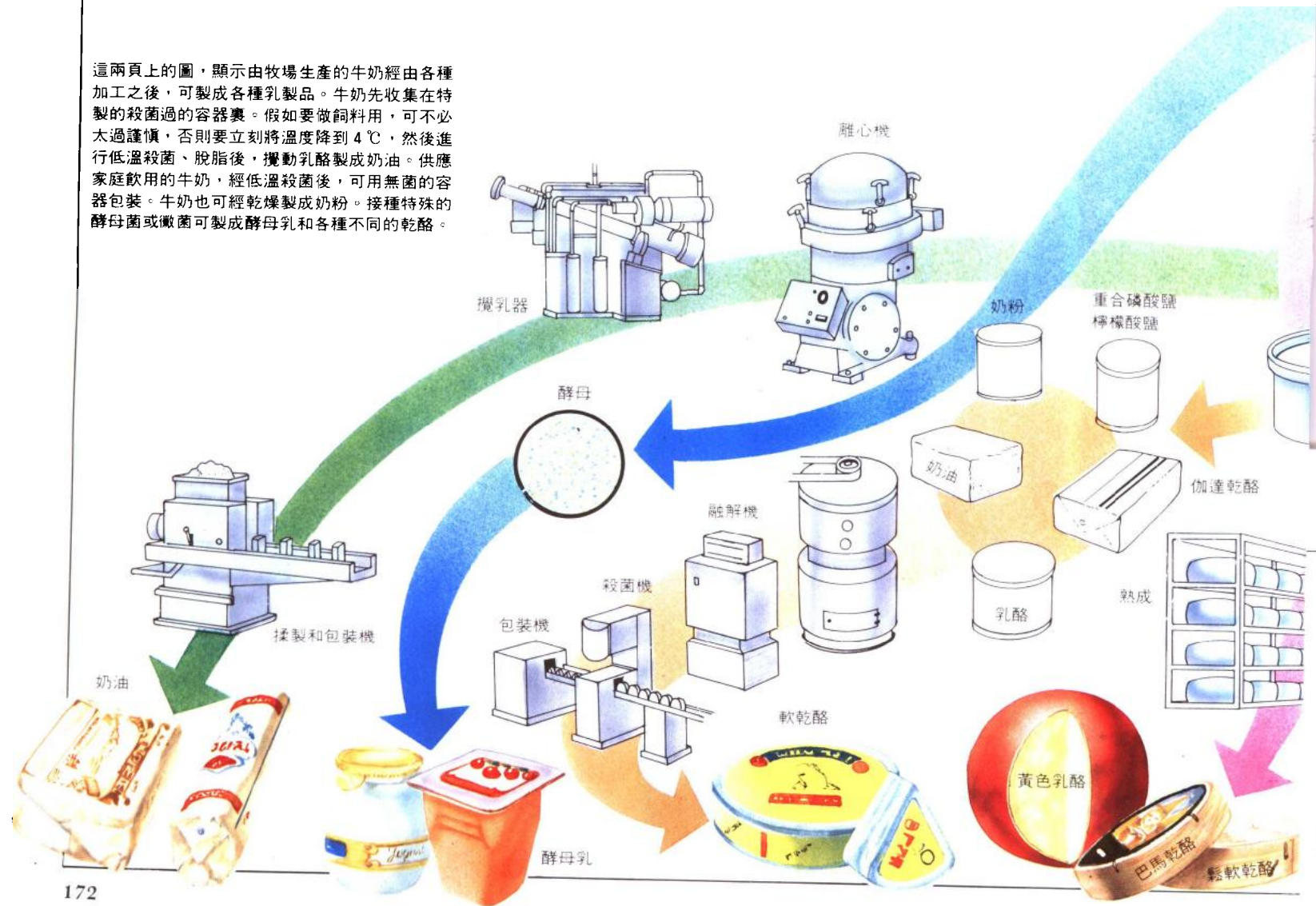
球，會停留在較上層；而較重的乳酪，含有較大且較多的脂肪球，則會停留在碗的底層。

最後將各層分開，分別製造脫脂乳、乳品和乳酪。分開後各層分別進行淨化處理，除去夾雜的異物，這一個步驟也是使用類似乳酪分離機的離心機來達成目的。製造乳品的最後一個步驟是檢驗，假如符合所有的品質標準即可出售。所有的乳品、乳酪和脫脂乳都必須保存在 4.5℃ 或以下的低溫。

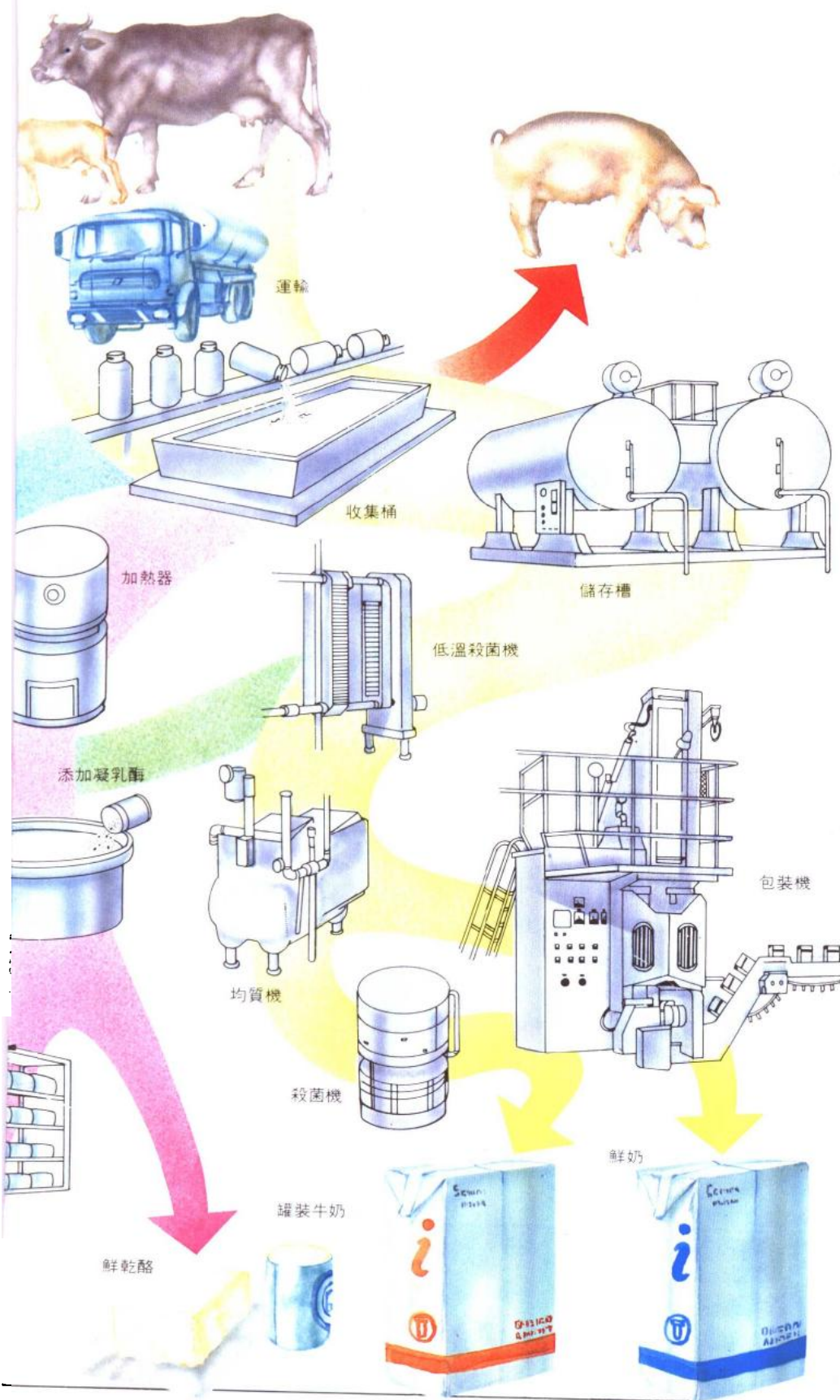
在熱帶地區和冷藏不方便的地區，罐裝的濃縮乳 (evaporated milk) 用得很普遍。製造這種濃縮乳要將原料乳加熱到 95℃ 除去大部分的水分，使濃縮液的固體和液體的比率達到 2:1，將此混合物再加熱到 115.5℃ 殺菌。濃縮全乳中常添加維生素 D，濃縮脫脂乳中則常添加維生素 A 和 D。

乾燥的乳品是熱帶地區常用的另一種鮮奶替代品，目前有兩種方式可製造奶粉，

這兩頁上的圖，顯示由牧場生產的牛奶經由各種加工之後，可製成各種乳製品。牛奶先收集在特製的殺菌過的容器裏。假如要做飼料用，可不必太過謹慎，否則要立刻將溫度降到 4℃，然後進行低溫殺菌、脫脂後，攪動乳酪製成奶油。供應家庭飲用的牛奶，經低溫殺菌後，可用無菌的容器包裝。牛奶也可經乾燥製成奶粉。接種特殊的酵母菌或微菌可製成酵母乳和各種不同的乾酪。



乳品的生產



第一種是用鼓式乾燥機，將乳品倒在正在旋轉之加熱轉筒的表面，轉一圈後，將乳品顆粒刮下，雖然這是一種有效的乾燥方法，但製成的產品不易溶解。鼓式乾燥法通常用來製造飼料用奶粉。用噴霧乾燥法製造的奶粉，則可完全溶於水，與鮮奶幾乎無法區別。噴霧乾燥法是將乳品噴在熱氣流中，使乳液急速蒸發，成為粉末狀。然後將奶粉放在一個分離機裏，除去在乾燥過程中殘留的空氣。為確保奶粉顆粒可完全溶於水，可利用糖會生成結晶的特性而添加糖。

乳製品

用乳脂肪製造的奶油，常用作調味料和烹調材料。

傳說乾酪(cheese)是數千年前一位阿拉伯商人在無意間發現的，他發現帶去旅行的牛奶有一部分隔夜後變成凝乳。目前，乾酪的製造過程可分為三個步驟：先將牛奶加熱，使乳固形物(凝乳)與液體(乳清)分開；然後加入細菌、凝乳酶(一種天然存在於乳牛胃部的酸性凝乳劑)及(或)酸，以促進酸酵；然後再將凝乳加熱，使乳清釋出，而凝乳則藉細菌的作用使其熟成。細菌的酵素可產生乳酸，後者可加速凝乳的形成。由於細菌可分解牛乳的蛋白質和脂肪，所以對乾酪的風味和香氣具有決定性的影響。不同的細菌製成不同的乾酪，例如用藍黴菌(*Penicillium roqueforti*)製成的稱為羊乳乾酪(Roquefort)，這種黴菌羣呈藍色。

冰淇淋是用乳脂肪、水滴和糖的混合物製成的，其方法為先將此混合物冷卻成糖漿狀。有些冰淇淋要添加蛋白，當糖漿狀的混合物進行冷凍時，要打入空氣，以增加冰淇淋的體積。

其他乳製品包括酪漿(butter milk)、奶油脂(butter oil)、冰乳(ice milk)和酵母乳(yogurt)。許多人對牛奶敏感，會產生嘔吐、皮膚發癢等現象。這些人通常可以接受脫脂乳、酵母乳和乾酪。乾酪素(casein)是主要的乳品蛋白質，為乾酪的主體，工業上也可用來製造油漆、黏合劑和塑膠。

參閱第二冊 176~179 頁牛(Cattle)、220~221 頁奶油(Butter)；第七冊 112~113 頁乾酪(Cheese)。

乳腺 Mammary Gland

哺乳類是所有動物中最會養育下一代的生物，這是因為雌性的哺乳類動物會分泌乳汁，供給下一代在生命初期的所有養分。

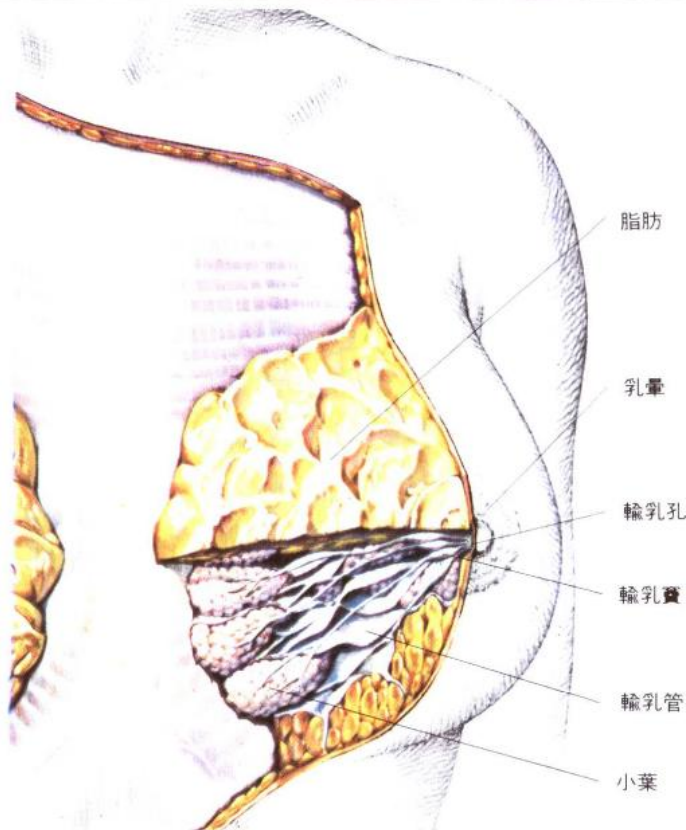
解剖上的構造

哺乳類的生理特徵是，有乳腺會分泌乳汁，乳腺位於俗稱乳房的脂肪組織中。因為子代都是直接由乳頭吸吮乳汁，所以乳頭的數目與一胎所產生的後代數目有很大的關連，因種類不同而有差異。人類、猿類、馬、驢和鯨魚等，一胎所產的子代最少，所以他們只有一對乳頭。在靈長類上，乳腺是位於胸部；而馬、驢、鹿和鯨魚的乳腺則在身體的後方，接近後腿之處；至於鯨魚的乳腺則位於尾部。一種生長在馬達加斯加島的刺蝟叫做無尾蝟(tenrec)，它的乳頭數最多，有11對。

人類的乳房是由15葉左右的乳腺所形成，而每一葉乳腺又分成更小管狀的隔間，稱為小葉，乳汁就是由這些管狀構造中產生的。乳汁由連接每一葉內構造的輸送管(duct)流到乳頭，每一葉乳腺各有一個輸送管。這些輸送管在乳頭的正下方變寬，這樣才能確保穩定的乳汁供應；到了乳頭表面又會再次變窄成為小開口。在哺乳期間，乳頭會直立起來，並且變得比平常硬，這樣才容易讓嬰兒含在口中。在乳頭周圍較暗的皮膚，稱為乳暈(areola)，內有一些腺體會分泌潤滑液，以減輕母親在哺乳時的疼痛。

泌乳作用

在母體生產後不久，乳房會產生泌乳作用(lactation)，開始分泌乳汁。在懷孕期間，由於血液中高濃度的女性素(estrogen)、黃體激素(progesterone)和催乳激素(prolactin)的作用，乳房會逐漸漲大——人類的每個乳房可重達450公克左右。女性素和黃體激素是由胎盤與卵巢分泌的；女性素能夠刺激乳葉內輸送管的生長；黃體激素則使在輸送管末端的細胞成熟，生產乳汁。催乳激素是由腦下腺所分泌的，也稱生乳激素(lactogenic hormone)，是促使乳汁產生的最重要激素。只有在懷孕期間，女性素和黃體激素才會保持高濃度，而使乳汁不斷分泌。生產後，會分泌激素的胎盤剝離，血液中女性素和黃體激素的濃度下降，此時催乳激素



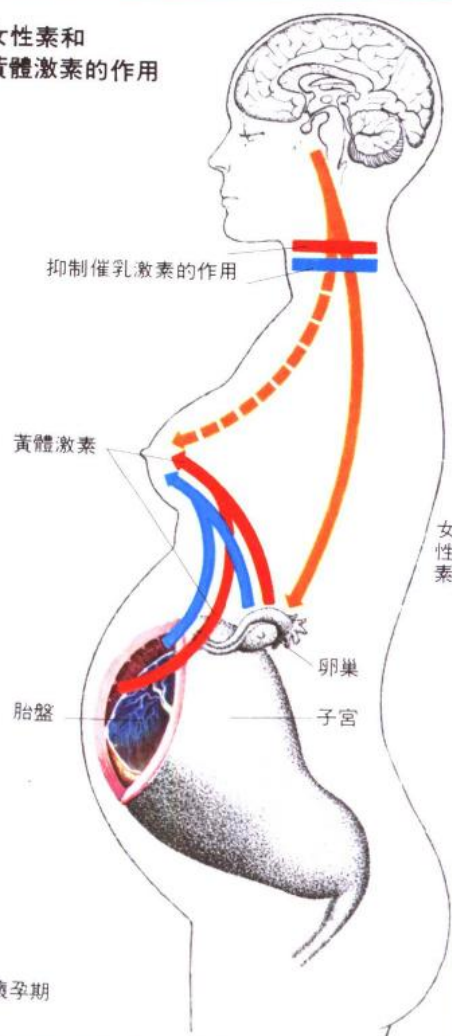
開始作用，刺激乳汁的產生。一般相信，血液中腎上腺激素的增加，也會加強泌乳作用。

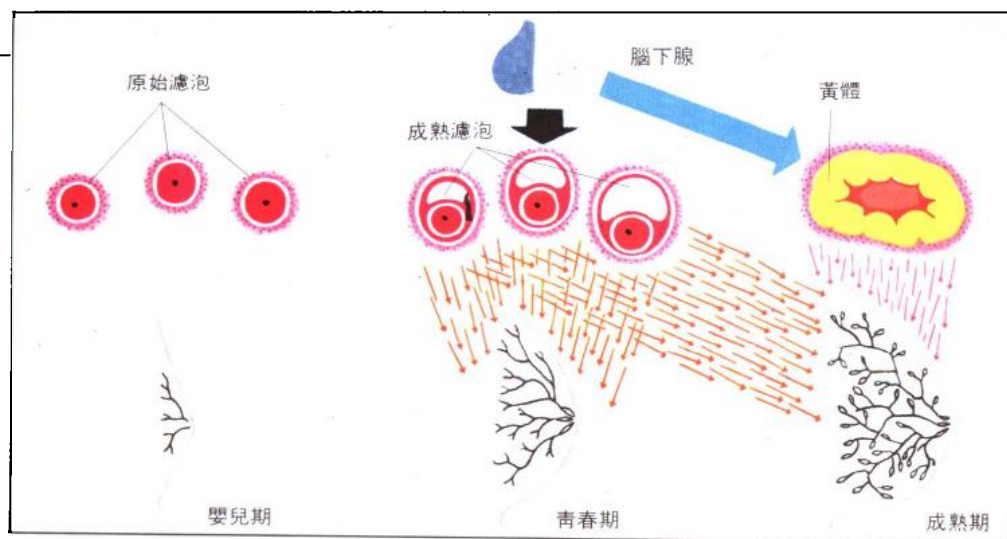
吸吮乳頭也會使泌乳作用不斷進行。對乳頭的刺激不僅會增加催乳激素的分泌，而且會使腦下腺分泌出另一種激素——催產素(oxytocin)。催產素會使乳房中的肌肉收縮，把乳汁從乳頭處擠出。因為吸吮的動作會造成血液中催產素的普遍升高，所以乳汁能由任何一個乳房中流出。催產素和催乳激素在泌乳作用上，扮演如此重要的角色，所以即使未曾生產過的婦女乳房，經吸吮後也會分泌出乳汁。

外來的精神壓力會造成某些婦女哺乳困難；其詳情並不完全明瞭，但似乎個人的意識狀態會影響激素的產生。缺少催乳激素和催產素，可以注射方式提供，而後不斷的去哺乳，則哺乳困難的問題常可解決。

授乳期的長短因各種類而有不同，鯨魚哺育幼鯨大約7個月，鹿大約8個月，牛

女性素和黃體激素的作用





乳腺(或乳房)會產生乳汁來養育下一代；乳房的數目因種類而異。最左：乳腺圖，由表層的脂肪和許多小葉的腺體組成。左：嬰兒期、青春期和成熟期乳房發育的狀態；發育過程受腦下腺、濾泡和黃體所分泌的激素所控制；左下：懷孕期間，胎盤和卵巢所分泌的女性素以及黃體激素對乳房的作用，這兩種激素會抑制催乳激素的作用；其右圖表示生產後，乳汁的產生是因哺乳嬰兒所產生的神經反射作用所刺激。

和馬大約 4 個月，至於狗大約 1 個月。

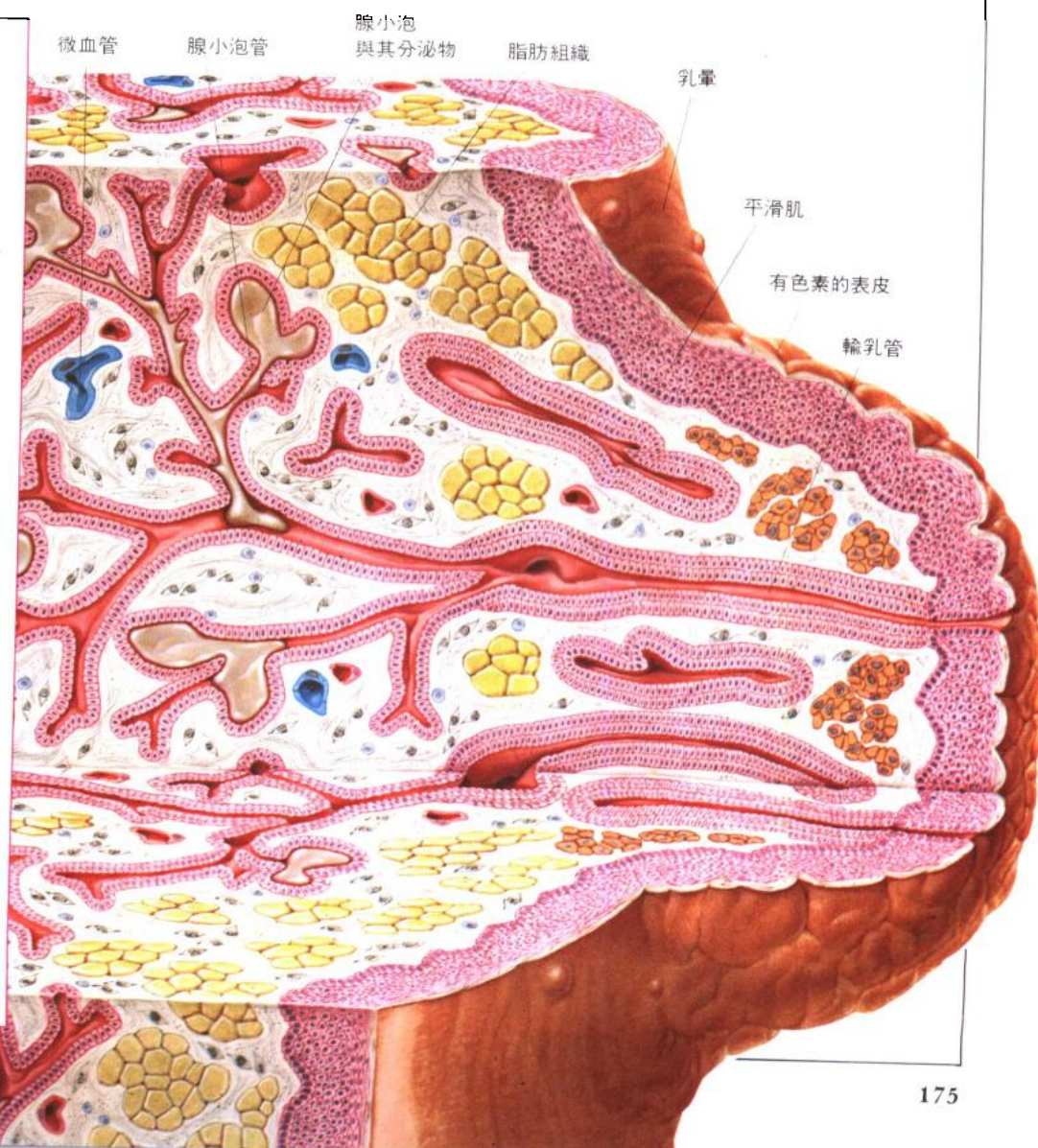
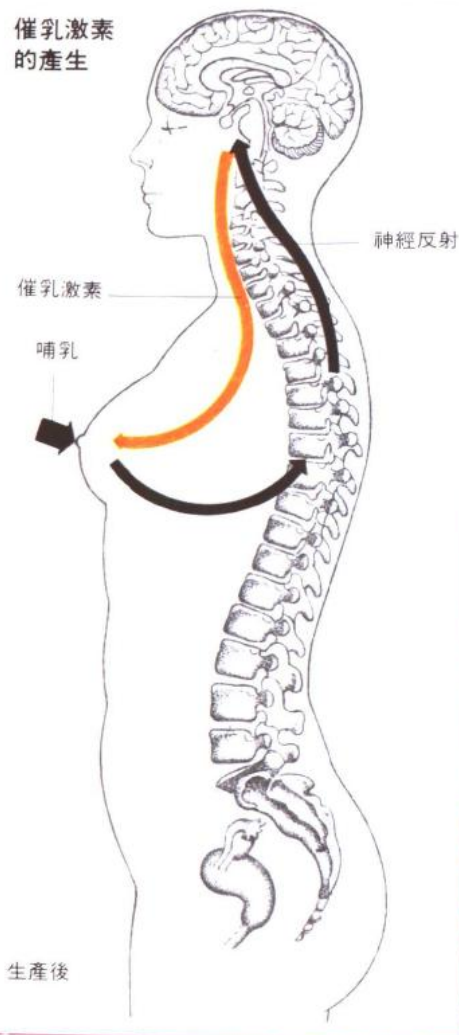
並不是所有的婦女都選擇哺育母乳，雖然母乳含有重要的抗體和免疫球蛋白，對於嬰兒有極大的益處。此外，小兒科醫生都同意，給予未滿三個月的嬰兒固體食物，並無好處。雖然親自授乳對職業婦女或全天候工作的婦女來說，十分不便，但

是據統計，在美國西元 1970 年代親自授乳的母親比 1950 年代要增加不少。

母乳是一種完全且易消化的食物，而且哺乳更建立起嬰兒與母親之間一種特殊的親密母子關係。

參閱第十三冊 154 ~ 159 頁激素(Hormone)。

催乳激素的產生



侏羅紀 Jurassic Period

恐龍類之發人遐思大概是沒有其他的動物可以比擬的。幾乎每個人都曾幻想過，不知時光倒流人若回去住留在恐龍君臨萬方之世界是何情景；那時代是中生代，尤其以侏羅紀最足以代表。時代上侏羅紀在三疊紀(Triassic period)之後，白堊紀(Cretaceous period)之前；在距今 1 億 9500 萬年前開始，計歷經 5500 萬年之久。

侏羅紀之生物

恐龍類演化到侏羅紀時軀體乃趨極大，例如梁龍(diplodocus)為恐龍類之最大

者，可長達 27 公尺；而最重之雷龍(brontosaur)可重達 20 噸；劍龍(stegosaur)則滿身甲冑，雖則只有 6 公尺長，却橫行天下。此時亦是翼手龍(pterodactyl)——有翼之爬蟲——飛行空中之時代。最古老且最原始的鳥類——始祖鳥(archaeopteryx)亦開始在叢林上空滑翔而不是真正飛行。初見於三疊紀的哺乳動物亦衍生到侏羅紀；這些哺乳動物的體型都還相當小，例有如四處橫走的三錐齒獸(triconodon)只有 60 公分。樹林中有銀杏(ginkgo)、蘇鐵(cycad)和針葉樹，其中有的是巨人杉的祖先。

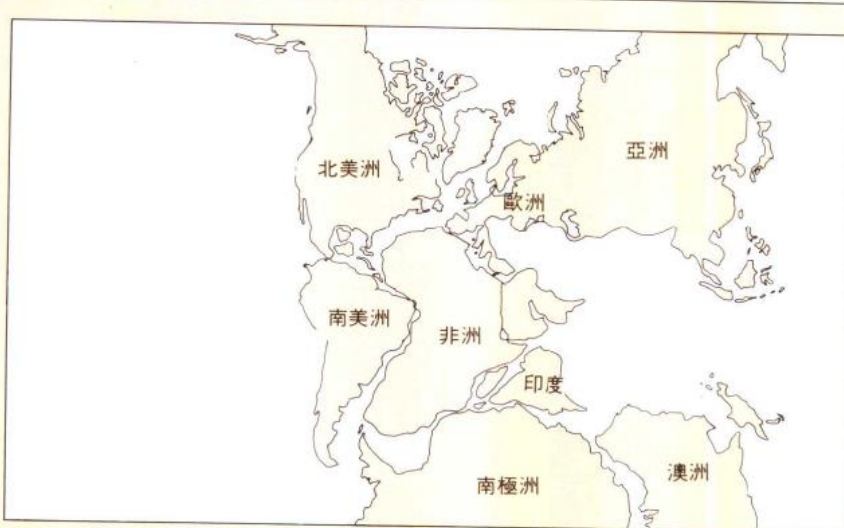
在海洋中另有一些奇異的生物：有形似海豚的爬蟲類魚龍(ichthyosaur)，也有形如烏賊，但身被壯觀鵝殼，軀體龐大的菊石類(ammonites)。

侏羅紀地質

從地質觀點來說，侏羅紀是一平靜時期，既少火山活動亦少造山運動。然而，侵蝕作用並不稍停，高山為河川所平夷，砂礫因風吹積成丘。一般言之，大致上因為地殼不發生變動，故此侏羅紀所形成之岩石大部分為沉積岩。

河川侵蝕切割地面，並將岩石碎粒，一

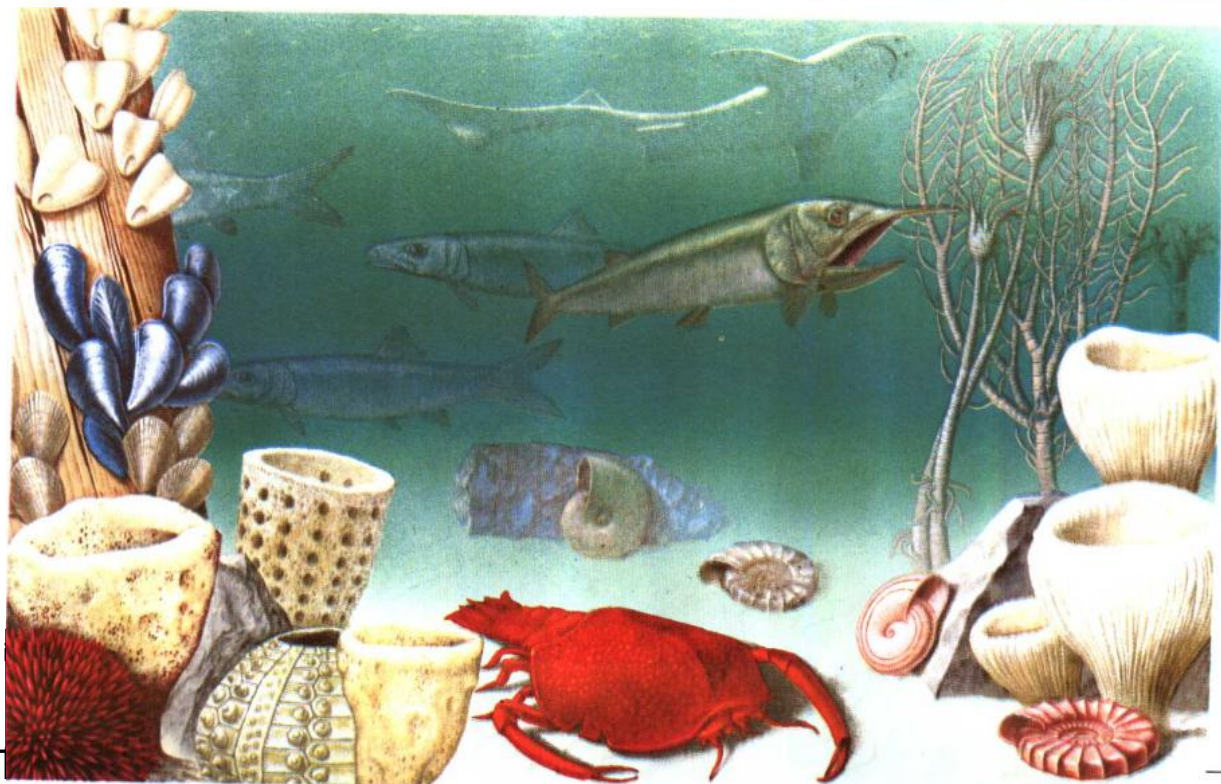
百萬年	代	紀
1.8	新生	第四紀
70		第三紀
135	中生	白堊紀
190		侏羅紀
225		三疊紀
270	古生	二疊紀
350		石炭紀
400		泥盆紀
440		志留紀
500		奧陶紀
570		寒武紀
3500	太古	元古界
		太古代

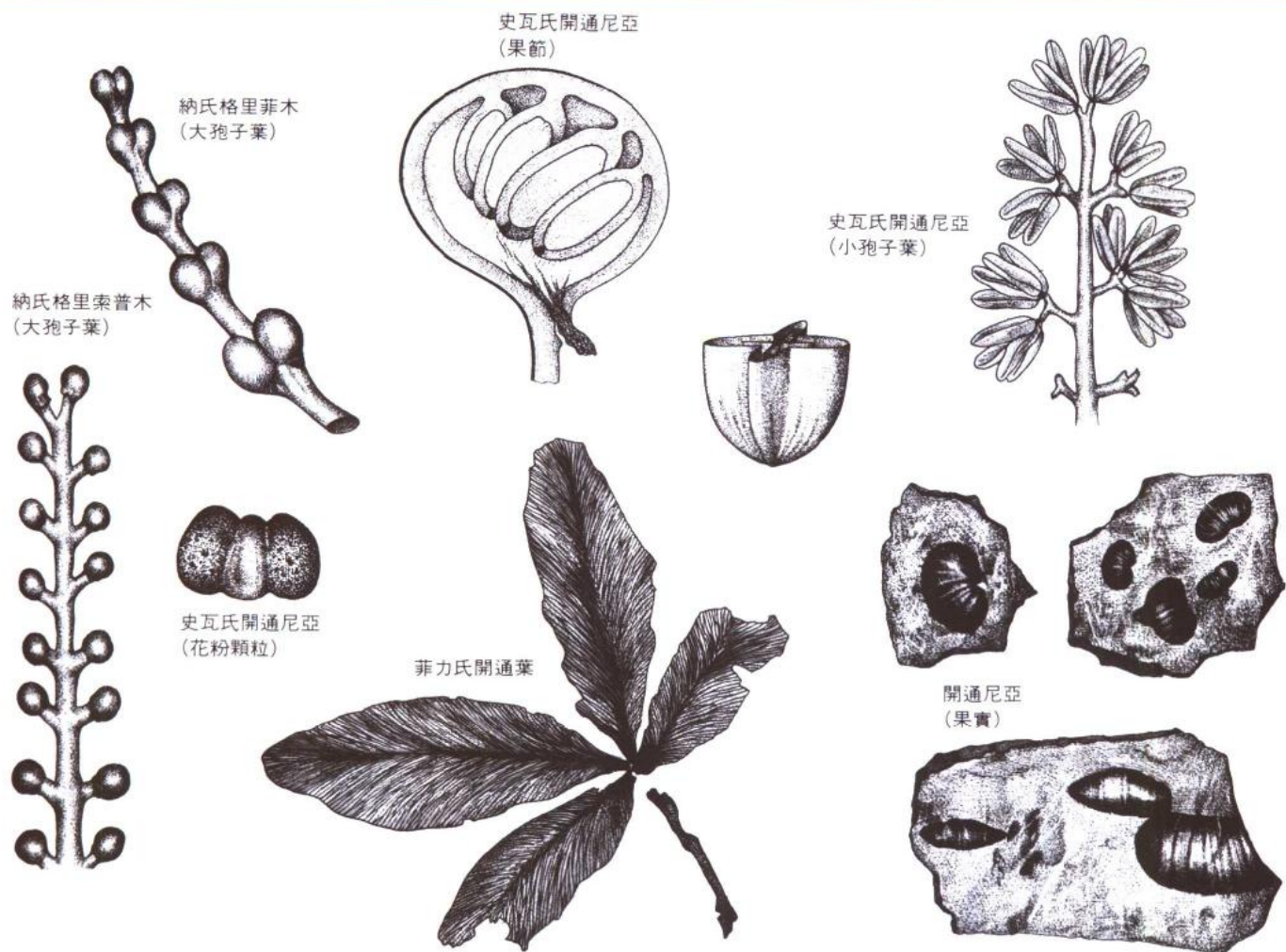


左：根據為多數人接受之大陸漂移說，此圖顯示侏羅紀各大洲之相對位置。北半球之大洲為北美洲、歐洲及亞洲。南半球則仍為一超大陸岡瓦納大陸，其時尚連結一起而未分裂。

右：侏羅紀海洋景觀示意圖。此時之海洋重大事件是珊瑚堡礁之大為擴展。與珊瑚共生之底棲性生物如海綿，及棘皮動物門之海膽(Echinoida)及海百合(Crinoida)亦極繁盛。

最右：照片所示為一化石穗之二橫切面。石穗為南洋杉(Araucaria mirabilis)之錐體狀孢子囊。南洋杉一般認為是現代針葉樹之先祖。





侏羅紀最引人注目之化石是巨大之爬蟲類如恐龍、翼龍等。本紀亦為現代鳥之先祖問世之時，亦即龐大之似鳥爬蟲類，如始祖鳥及古鳥(Archaeornis)。

侏羅紀在溫暖之淺海或沼澤中沉積之岩層尤為富含植物化石。這些植物化石包括原針葉類(proto-conifers)及開通尼亞類(Caytoniales)。前者被認為是現代針葉木之祖先，後者則可能為第一種單子葉被子植物，亦即是最原始之含種子植物。



如砂及泥以水流沖帶入海；這些沉積物沉積而形成有層理的岩石。陸地再次上升，岩層也被上抬；此類岩層今日可見於高山之上。

在歐洲，侏羅紀之岩石露出良好。西歐侏羅紀岩層露出最大地區為法國中部、瑞士，及德國南部；尤以德國南部之侏羅山脈(Jura Mountains)露出最佳，此即侏羅紀命名的由來。此外，侏羅紀岩層尚散見於義大利北部、庇里牛斯山脈(Pyrenees)，以及南北走向自威特島(Isle of Wight)以迄密得堡(Middlesbrough)，縱貫英格蘭露出之一狹長帶。

各大洲在侏羅紀時之地理分佈，今日仍有爭議。大陸漂移(continental drift)學說今日已為多數權威學者接受，依此學說則今之南美洲、非洲、澳洲及南極洲昔日

連結一體，形成所謂的岡瓦納大陸(Gondwanaland)。往北，歐洲及亞洲則有部分浸置海水下面，形成許多島嶼。北美東部則多為大片陸地；而北美西部亦浸置海洋下面。事實上，由於海洋斷斷續續地入侵北美洲陸地又復消退，要詳述其時之地理景觀殊為不易。

北美洲之侏羅紀地層可見於美國猶他、科羅拉多、新墨西哥及亞利桑那四州交界處。錫安(Zion)國家公園中所見岩石及形成虹橋之岩石均是侏羅紀者。雖則侏羅紀時世界各地極少有山脈隆起，但在加州却有數條山脈為該時形成的，此中包括了海岸山脈，且有許多是火山性質的山脈。當此等山脈形成時，大量融岩自地殼湧傾而出，有時形成厚達3000公尺之厚層。

受胎 Conception

受胎現象，或稱受精(fertilization)作用，可能發生在拉斯維加斯(Las Vegas)蜜月套房裏，也可能發生在水中的海綿羣落中。生物受胎的基本過程都是一樣的。受胎就是兩種不同生殖細胞(或稱配子)的結合，這兩種配子即是精子(sperm)和卵(ovum 或 egg)。每一配子各含有一半數目的染色體(chromosome)，即含有發育成同種新個體的一半遺傳物質。

高等動物或人類在經過性交後，精子和卵的受精是在雌性體內輸卵管(fallopian tube)的壺腹部(ampulla)中完成的。卵由卵巢排出後，藉著輸卵管中液體之助而抵達壺腹部；精子則經由男性陰莖進入女性陰道後，再游向會合區。雖然精子有一至兩天的生命，但卵却只有幾小時而已，所以時間的配合十分重要。以人類為例，受精常發生在女性月經開始後的第 15 天。

精子與卵之構造

精子酷似蝌蚪，但比蝌蚪小多了——大約只有 0.05 公釐長。精子分成四部分：含有細胞核(染色體和遺傳物質)的扁圓形頭部、頸部、中節和尾部。精子頭部的頂端有帽稱為穿孔體(acrosome)，其內含有酵素，可幫助精子穿入卵內。在精子尾部有纖維狀的結構，稱為原纖維(fibril)，這可以使精子在陰道中以每分鐘 3~3.5 公釐的速度游動。男性每次射精大約含有三億個精子(連續幾次射精後，其精子數會遽然下降)，而這些精子中約有百分之二十到三十左右是異常的——可能是多尾或多頭的，這些異常的精子是無法完成他們受胎的使命。

卵是體內最大的細胞，幾乎可以用肉眼看見，其直徑約 0.1~0.14 公釐。卵有一細胞核——又稱胚珠(germinal vesicle)，外包供給胚胎(embryo)營養的原生質層——卵黃(yolk)。在卵黃外圍又有一層透明區(zona pellucida)保護卵，一般相信這層透明區在新陳代謝方面具有重要地位。

女性有兩個卵巢，分別位於子宮的兩側。排卵時，含有卵母細胞(oocyte)的卵泡會移到卵巢表面，而後卵泡的表層組織愈來愈薄，最後破裂，釋放出卵；排出卵後的卵泡其細胞會愈來愈大，最後充滿整個空腔，這些細胞稱作黃體(corpus luteum)；黃體負責分泌激素，使這整個

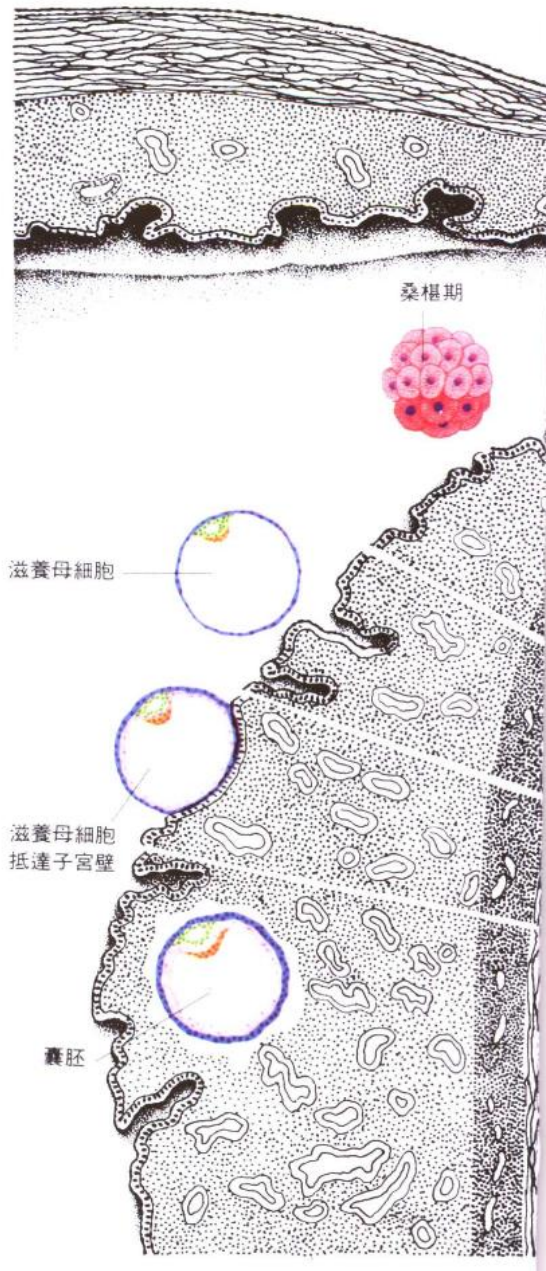
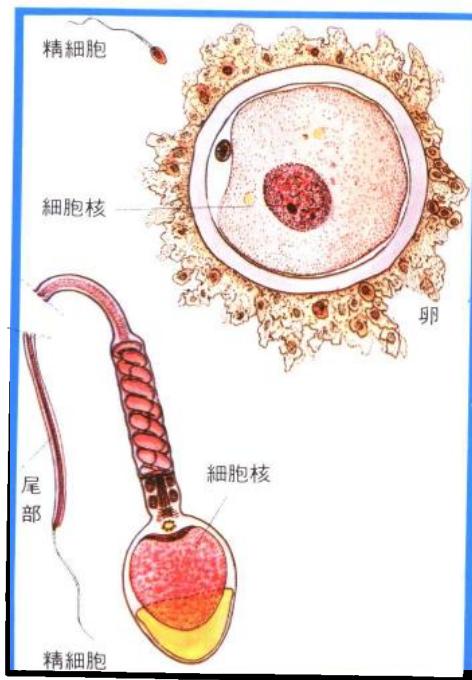
受胎過程繼續進行。卵自卵巢離開後，進入輸卵管到壺腹部，等待精子的來臨；如果情況配合良好，受精作用便會發生。

受胎經過

精子和卵的會合，十分類似高等動物包括人類的交配行為。卵形成並分泌出某些物質來吸引精子，當卵與精子會合時，二者的細胞膜會融合在一起，使精子內的物質可以進入卵中，而接著卵的外膜改變了，其他精子即無法再度進入；同時，卵也被活化，開始行細胞分裂。

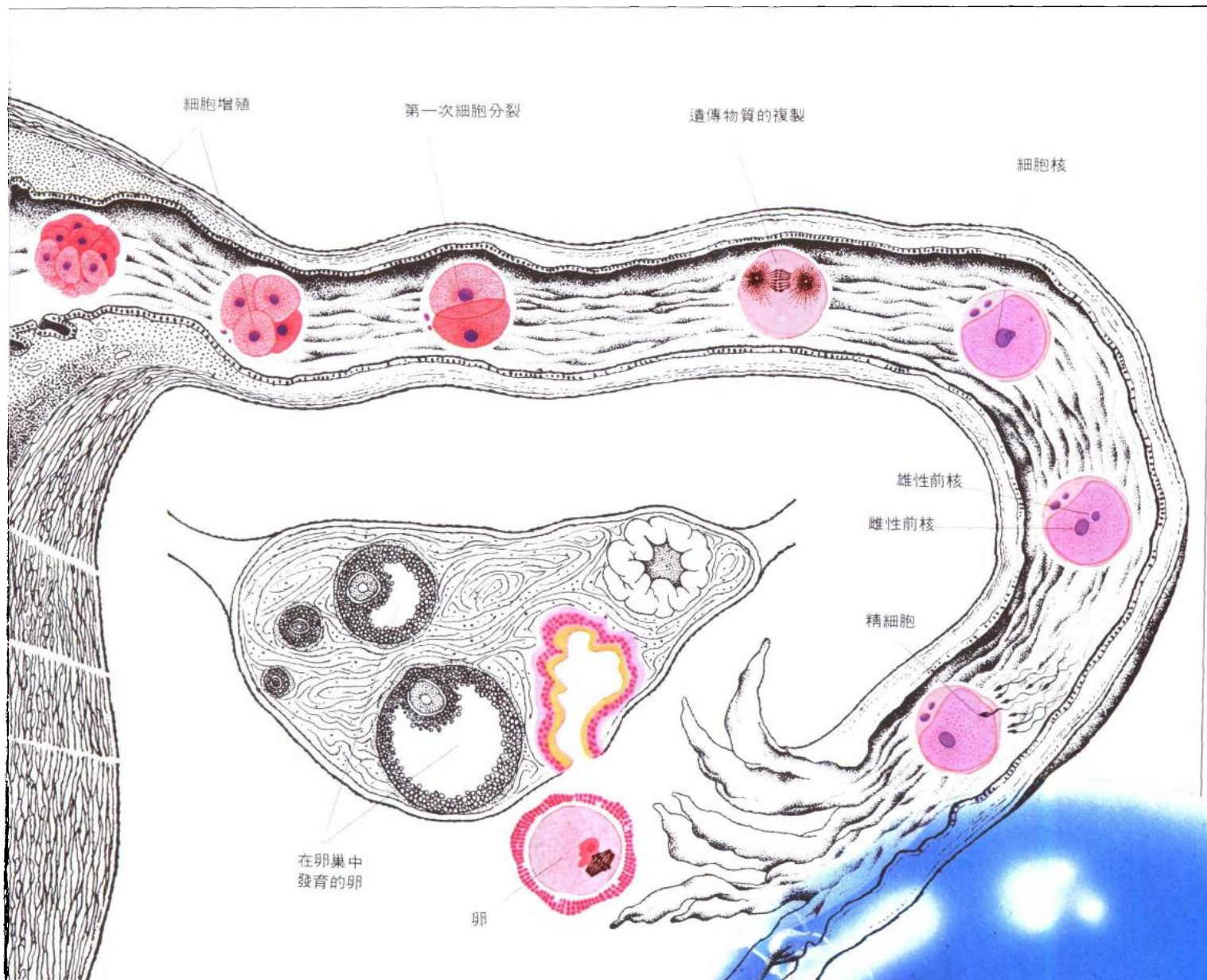
當精子的頭部穿入卵中，精子的尾部就會脫落，然後頭部和卵的細胞核融合，新的細胞核於是產生。新的細胞核擁有一整套的染色體數(以人為例，為 46 條)，這就是受精卵，或稱接合子(zygote)。幾個小時後，細胞分裂過程便開始進行；很快地，分子變成一羣細胞，我們稱這一羣細

右：受精卵在輸卵管中下行的階段。受精 5 天後，就會在子宮內著床，進行更進一步的發育。
下：精子正接近卵。精細胞的詳細圖示。



胞為卵裂球(blastomere)。在此細胞球中心是一個逐漸增厚的內細胞團，源自此一細胞團的細胞散佈在卵裂球內部，就像西瓜內的種子。

這個新形成的中空球體，稱為囊胚(blastocyst)。其內封閉的空腔，稱作初級卵黃囊(primary yolk sac)，將來分化成羊膜腔(amniotic cavity)；此羊膜腔會逐漸擴大，並充滿羊水圍住胚胎以為保護(以人為例，大約在八週後形成，此時已稱為胎兒)。囊胚形成後 4 或 5 天內，就植入子宮內壁(著床)，於是胚胎便開始發育。著床後約 260 天，一個新的生命就誕生了。



其他有關方面

並不是所有的受精作用都需要雄性與雌性兩個不同的個體。有些動、植物是雌雄同體(hermaphrodite)，它們同時擁有雄性生殖腺與雌性生殖腺，精子由雄性生殖腺釋放出來，進入雌性生殖腺中。以海綿(sponge)為例，精子在水中會被有毛髮狀的鞭毛細胞吞噬，並把精子送到組織的深處，在那裏有成熟的卵在等待著。陰莖並不是從雄性體內傳送精子給雌性的唯一方式；一種改良後的臂例如雄性鉤(male squid)，則是將精子從雄性體內取出，再放進雌性體內。卵和精子的結合是如此單純，但幾千年來却有無數浪漫的詩篇來描述它。

右：受胎(受精)的一瞬間——精子正穿入卵中的電子顯微圖。



呼吸 Breathing

呼吸是我們一生中，所做次數重複最多的一件事。我們平均一天呼吸 20,000 次(吸氣一次和呼氣一次的循環，稱一次呼吸)，所以一年約要呼吸 730 萬次，一生則大約要呼吸 5 億次。氧氣的吸收是生命所必需的，因此必須保持規律的呼吸；如果停止呼吸超過 5 分鐘(約 70 次的呼吸)，我們的生命就會遭受威脅。

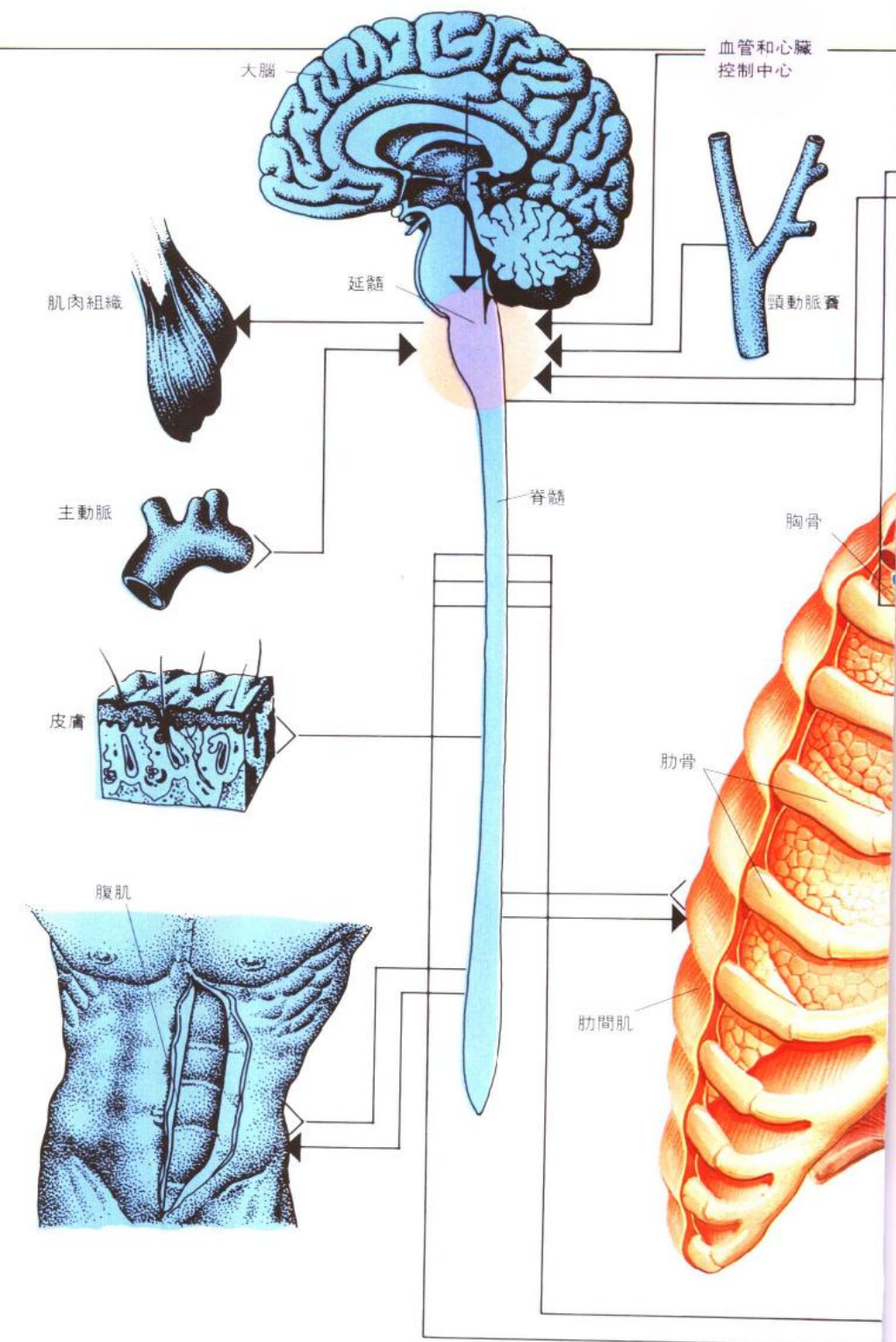
呼吸的原理

不僅是人類，甚至於大多數的生物都必須依賴氧氣生存，所以有各種執行呼吸作用的方式。簡單的說，呼吸就是讓空氣或水通過肺或鰓等呼吸器表面。呼吸器表面會吸收氧氣，再把氧氣引入血流中，同時也會排出體內產生的廢物和二氧化碳。「呼吸」這名詞也可應用在經由皮膚途徑，來執行被動性的氧氣—二氧化碳交換的系統上(蛙類在冬眠期所需的氧氣，都來自皮膚)。大部分呼吸程序都包含兩個步驟：先是吸氣(空氣或水的吸入)，再來則是呼氣(空氣或水的排除)；但在其他某些呼吸方式中，空氣或水經過呼吸器表面乃是呈一連續的流動，而非分成明顯的兩個動作。

人類的呼吸

呼吸供給細胞所需的足夠氧氣，並且排出細胞所產生的二氧化碳。呼吸作用的機構包括了一套生理性唧筒，可把氧氣經口或鼻帶入，再向下到氣管(trachea)後，進入肺部；再以相反順序，將二氧化碳排出。這一唧筒由肺、胸部和腹部執行，且經由神經系統控制。呼吸肌肉活動則由體內受納器所發出的訊號控制，這些受納器對體內細胞的需要相當靈敏。

當我們吸氣時，是利用肺部的脹大；因肺部的脹大，肺內的肺泡(alveoli)也會隨之脹大。當肺部脹大時，在肺泡內每單位體積的空氣量會突然減少，使其內部氣壓下降。此時，外界的大氣壓力便稍大於內部的壓力，於是空氣便進入肺部平衡壓力差。要排除空氣時，肺部會收縮，造成肺內壓力上升，而迫使空氣排出，再次平衡內外之壓力差。在正常平靜呼吸狀態下，吸氣只用到擴張胸部的肌肉活動。呼氣則不需要肌肉的活動，因為肺本身便有彈性，在鬆弛時會自動縮成原來大小。

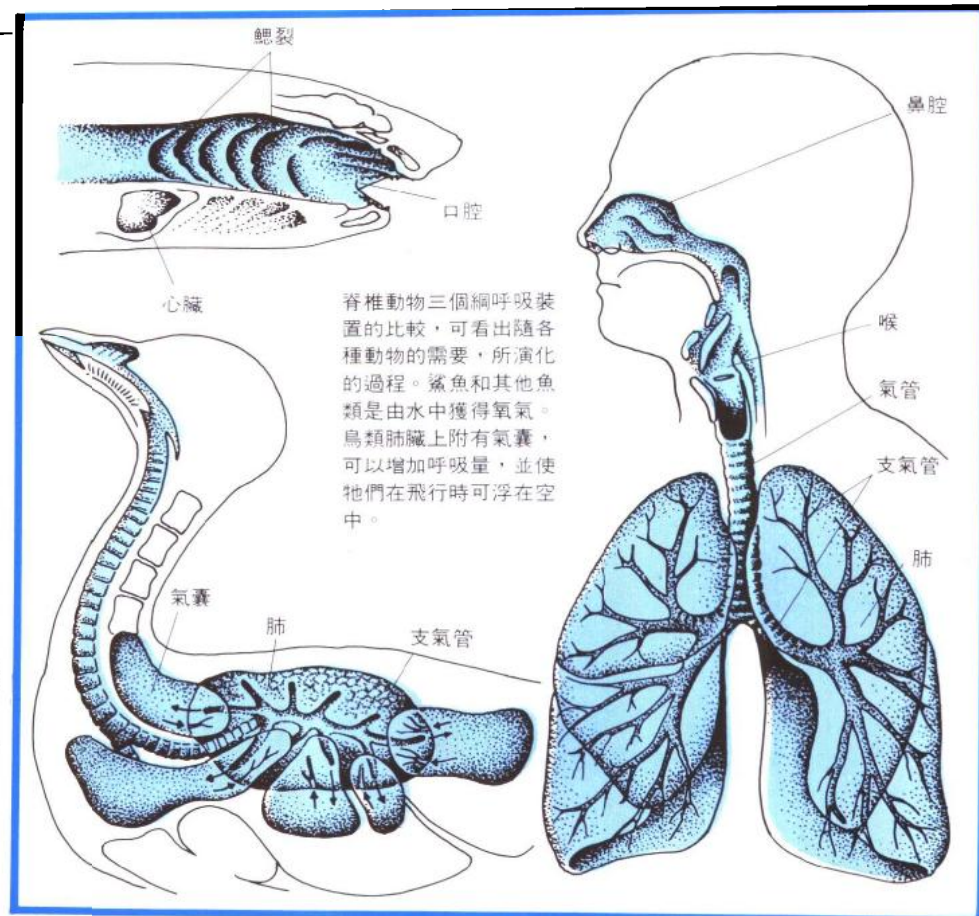
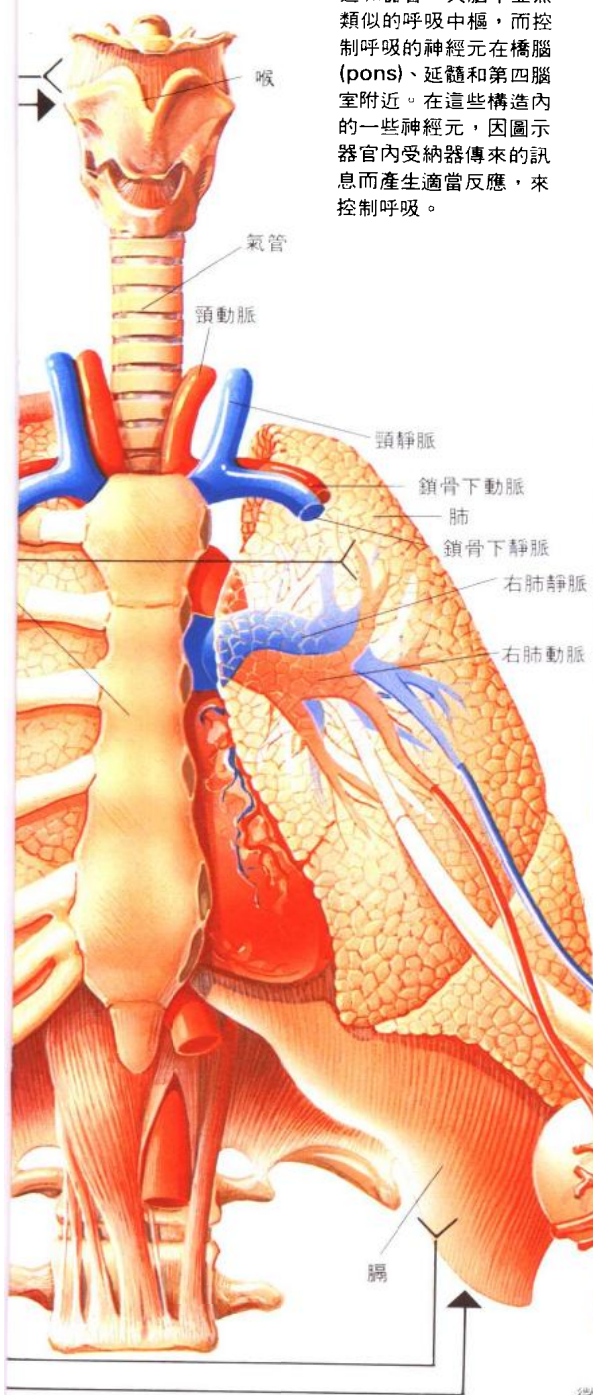


肌肉與呼吸

有關呼吸最重要的肌肉是膈(diaphragm)。膈是一片薄膜狀的肌肉，位於肺臟下方，隔開胸腔和腹腔。當此肌肉鬆弛時，呈圓頂狀。在吸氣期間，膈會收縮、拉平，於是胸腔變大；如此使肺內氣壓下降，空氣便進入肺中。而膈鬆弛後，會恢復原來的圓頂狀，這樣便使胸腔容量減少而把空氣壓出。在深呼吸時，肋間肌(in-

tercostal muscle)也參與作用，可把肋骨上舉，因而胸腔容積增加量遠大於只有膈單獨作用。在更激烈呼吸時，頸部和肩部的肌肉也參與作用，把肋骨舉得更高，使更多空氣進入肺中。與呼吸有關的肌肉可使氣體的交換量產生很大的差別，可由平常休息狀態下的6公升跳到劇烈運動時，每分鐘150公升的氣體交換量。

左：有關呼吸的人體構造和器官。大腦中並無類似的呼吸中樞，而控制呼吸的神經元在橋腦(pons)、延髓和第四腦室附近。在這些構造內的一些神經元，因圖示器官內受納器傳來的訊息而產生適當反應，來控制呼吸。

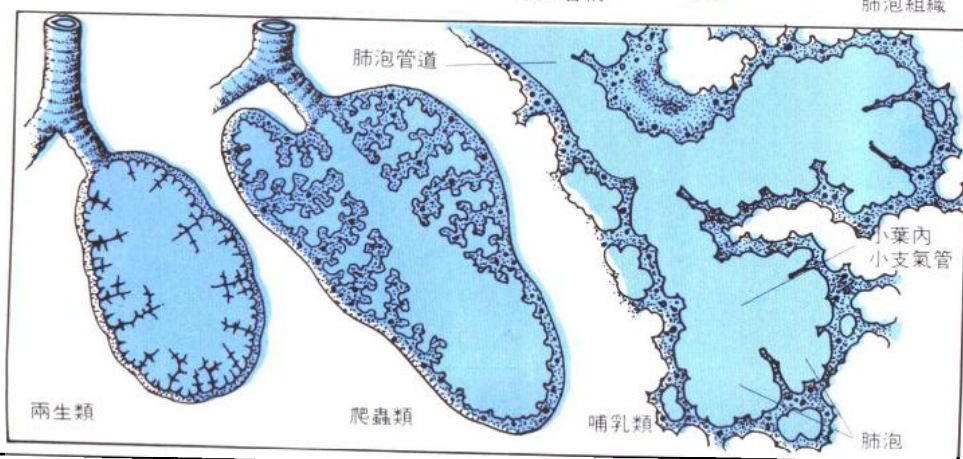


脊椎動物三個綱呼吸裝置的比較，可看出隨各種動物的需要，所演化的過程。鯊魚和其他魚類是由水中獲得氧氣。鳥類肺臟上附有氣囊，可以增加呼吸量，並使牠們在飛行時可浮在空中。

肺是呼吸的基本器官。空氣中的氧氣在肺泡中，被血液吸收；同時，二氧化碳和水分也釋放到空氣中。

肺臟擴大和壓縮的唧筒運動，不斷供給充足的空氣。此運動是由肋間肌和膈完成的。空氣經氣管進入肺部，並經由支氣管而散佈到肺泡組織中。下左：不同種類動物的肺泡構造。每一個單元稱作肺泡，此處是血液與空氣交換的場所。

微血管網 肺泡組織



其他系統

像扁蟲類(flatworm)，牠們用整個身體表面來從事氣體交換，因而不需要肺這樣特殊的氣體交換系統來呼吸。昆蟲類開始有氣管，不過牠們的氣管只是一些供空氣通過的管道，穿過體壁，可使空氣直接與組織接觸。某些動物和魚類的鰓，是利用水流不斷通過鰓表面來吸收氧氣的。不論生物是使用氣管、鰓或肺呼吸，呼吸作用對所有的生物而言都是首要的。

味覺 Taste

當帝王蝶(Monarch butterfly)還是幼蟲時，牠會去吃某些含有苦味的有毒植物，而不受毒害，主要是因為牠對這些毒質具有免疫性的緣故。此外，帝王蝶更能將來自植物的有毒物質消化並保留於體內，做為防禦掠食者的機制。這些物質使帝王蝶本身含有一種苦味，使吃牠們的鳥類生病和嘔吐。於是，只要吃過一隻帝王蝶的鳥就不會再嘗試去吃另一隻，因為這隻鳥已經知道吃了這獨特的蝴蝶後，一定會生病。帝王蝶鮮豔的色彩對鳥類的意義，正如人類看到毒藥瓶上骷髏頭和交叉骨骼的反應是一樣的。

因為帝王蝶的警告系統十分完善，所以其他的蝴蝶如果擁有和帝王蝶相似的花紋與色彩，就可以很容易地生存。美國有一種副王蝶(Viceroy butterfly)經自然演化後，其色彩與花紋幾乎和帝王蝶完全一樣，但缺乏對有毒植物的親和性。只要副

王蝶的數目，不至於多到足以打破鳥對其色彩和苦味的聯想，就可以坐享帝王蝶所發展出來的保護機制了。像這樣一品種的生物演化逐漸模仿另一品種的生物現象，稱作貝茲擬態(Batesian mimicry)；這也是味覺功能的一個重要例子。

味覺是如何產生的？

味覺和嗅覺不同於其他感覺，這二種感覺是化學性的——由分子的刺激而反應出。味覺一般認為有四種性質：甜味、酸味、鹹味和苦味。不同化學物質在不同濃度下，便會造成不同的味覺。在舌頭表面有類似杯狀的乳突(papillae)，而在乳突上有可測知味道的味蕾(taste bud)；這些化學物質即是由味蕾的味覺接受細胞來測出其味道。而人的舌頭大約有9,000個味蕾。

四種味覺似乎是平均分佈在舌頭表面，

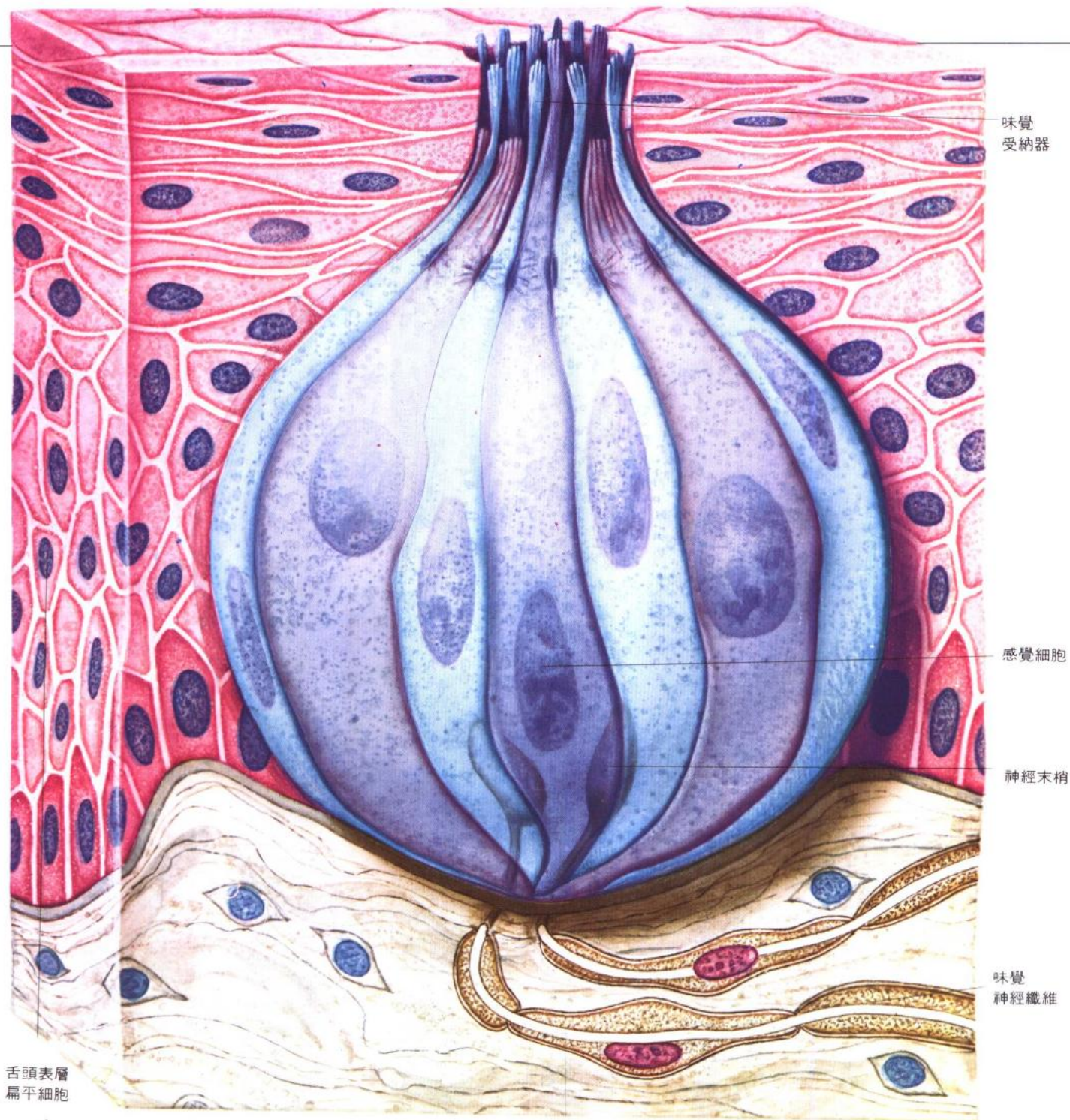
但一般人仍以爲在舌尖部分對甜味較敏感，在舌根部分對苦味較敏感，而酸味和鹹味則多集中在舌的兩側。但是，這傳統的模式却一再地被研究，因為似乎並不是所有的受納器只對某一味道有專一性。不論如何，味覺受納器在接受食物中的化學物質後，把訊息送到大腦的味覺接收中樞。舌前三分之二的訊息經舌神經(lingual nerve)送到鼓索(chorda tympani)；舌頭後三分之一部分則經舌咽神經(glossopharyngeal nerve)。這兩大神經在大腦底部——延髓(medulla oblongata)會合，由此再分送出訊息。它們所送出的訊息，依味蕾所接受的化學物質而異。

味覺的種類

正如前述，各種不同的味覺是因味覺接受細胞接受到各類化學物質所致。

酸味：這種味覺和酸中的氫離子有關，





舌頭表層
扁平細胞

左：舌接受各種味覺的情形。較小的圖形表示四種主要味覺的分佈。黃色表酸味，紅色表苦味，綠色表甜味，藍色表鹹味。

上：味覺的立體放大圖。

不但酸味隨著氫離子濃度的增加而增加，更和所剩餘的酸分子多寡有關。

鹹味：此種味覺主要與鈉、鉀等陽離子有關，其次的影響才是氯等陰離子。氯化鈉即是食鹽。

苦味：是相當複雜的一種味覺，因生物鹼(如咖啡因、番木鱉鹼)、膽鹽和較大有機物質所引起。很多毒物都屬於生物鹼，所以對人而言，都只有苦味。

甜味：是另一複雜的味覺(也許是最複雜的一種)。有機物質如糖類、酒精和胺

基酸；無機物質如鉛鹽、鉍鹽，都和甜味有關。人對人工合成的甜類十分敏感，如比糖甜上 600 倍的糖精即是由人工合成的。有些學說認為有甜味的物質，都含有一共同的因素，即質子接受者(proton acceptor)。

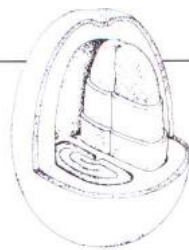
因其屬化學性，所以味覺可能是最易研究的感覺。對化學物質追蹤的未來經驗，應可使我們對腦和神經系統做更深一層的研究。

咖啡 Coffee

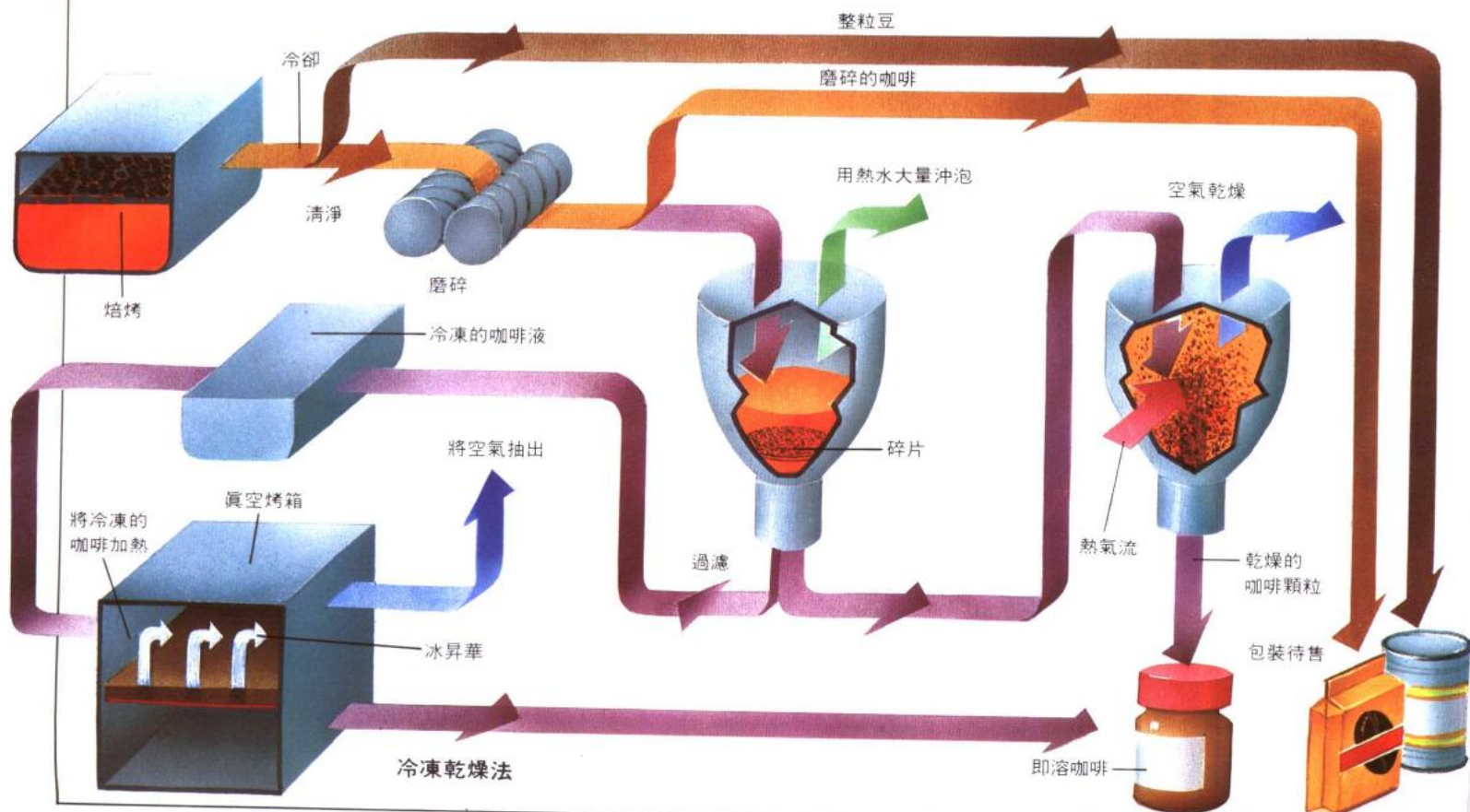
咖啡是一種久為人知的興奮飲料。根據傳說，咖啡的歷史可追溯到一位名叫希德萊(Scyadly)的回教徒，他常在禱告進行中打瞌睡，必須服用先知推薦給他的一種植物汁液才能保持清醒。目前咖啡雖然有許多不同的製法，但是它仍然定義為：經過焙烤的咖啡豆磨成顆粒，再用熱水抽出而製成的一種飲料。咖啡是一種溫和的藥物，但在某些回教國家裏却被視為不道德，而加以禁止。

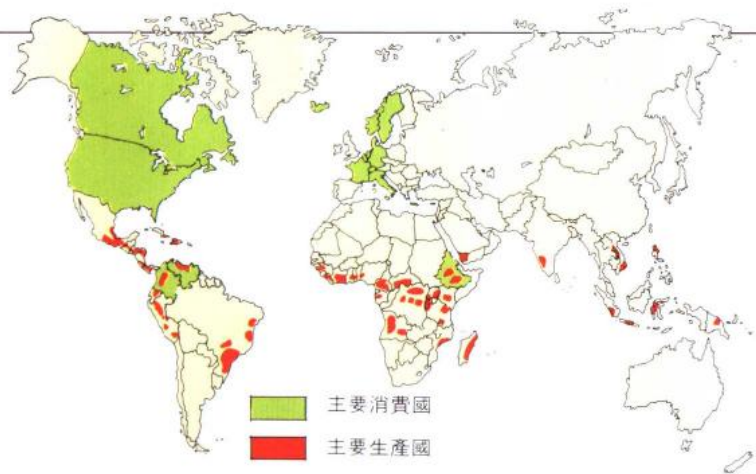
咖啡與腦

咖啡本身沒有營養價值，也不能提供熱量，却具有鼓勵人們飲用牛奶的正面效果。當咖啡進入血液後，就直接通往中樞神經系統，刺激腦部、加強個人辨別官能刺激的能力、縮短反應時間、消除睡意和疲勞甚至可增加理解力。許多人對此深信不疑，因此早晨會說：「我還沒有喝咖啡，所以不能思考。」咖啡豆含有的咖啡因(cafeine)，是一種具有興奮作用的植物鹼。咖啡因可使腦部血管收縮，喝一杯咖啡可以克服頭痛，所以阿斯匹靈的配方中經常含有咖啡因。



左：咖啡果實的剖面圖，顯示了其中所含的咖啡豆；咖啡樹的枝條；和成熟待採的果實。





不同品種咖啡的咖啡因含量		
品種	原產地	咖啡因含量
<i>Mascarocoffea</i>	馬達加斯加	0%
<i>Paracoffea</i>	印度和非洲	0%
<i>Coffea eugenioides</i>	肯亞	0.2~0.6%
<i>Coffea zanguebariae</i>	肯亞	0.5%
<i>Coffea racemosa</i>	莫三鼻克	0.6~1.2%
<i>Coffea congensis</i>	薩伊、剛果	1~1.4%
<i>Coffea liberica</i>	象牙海岸、剛果	0.6~1.8%
<i>Coffea arabica</i>	衣索匹亞	0.6~1.8%
<i>Coffea canephora</i>	象牙海岸 馬達加斯加	1.3~5.2%

從咖啡豆到飲料

從哥倫比亞、巴西和非洲的咖啡園到我們的杯子裏，咖啡的製造是一個很長的故事。全世界的咖啡約有 90% 是來自一種學名叫做 *Coffea arabica* 的咖啡樹，另外還有 15 種左右的品種。咖啡樹實際上屬於一種灌木，生長在熱帶或亞熱帶地區——在乾燥的季節之後有一個涼爽、多雨的季節。成熟的果實呈紅色，像櫻桃一般，裏面含有咖啡豆，兩顆種子經研磨後可以製成咖啡飲料。

有兩種方法可從咖啡的果實取出咖啡豆。「濕式」法是将果實摘下，去除果肉，然後讓它發酵至外膜剝落，咖啡豆暴露出

來；「乾式」法則是將果實採收後讓它乾燥，直到外膜可用研磨的方式剝除。

焙烤

美國較風行的淡味咖啡不同於希臘人和土耳其人所喜愛的濃味咖啡，兩者在製造上最大的差異係在焙烤過程。焙烤就是将原料咖啡豆放在高溫的烤箱裏加熱，直到它轉為褐色。焙烤是造成咖啡豆特有香氣、風味和色澤的主要步驟，焙烤的時間愈長，咖啡豆的色澤愈深，風味愈濃烈。往昔，有些咖啡豆係在家庭裏焙烤製造，目前則是將經過揀選、包裝及清淨（除去外殼、灰塵和其他異物）後的咖啡豆用大

型的烤箱大量焙烤，焙烤溫度是 260~480℃，時間為 5~12 分鐘。

在焙烤過程中，咖啡豆裏的水分和氣體會逸出，完成時重量只有原料咖啡豆的一半左右，可被氣流吹動，因此很容易和較重的夾雜物（如石頭）分開。

磨碎

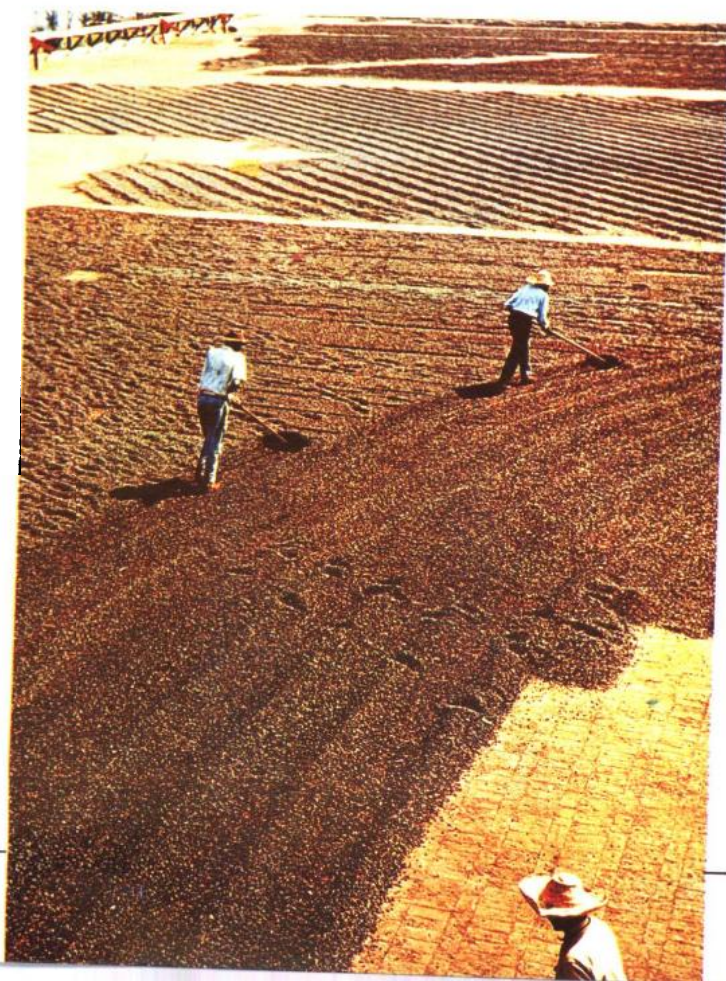
有些咖啡豆是以整粒的型態運銷，在飯店或家庭廚房裏磨碎以供沖泡飲用。大部分則是在工廠裏磨碎，它的粒度大小視沖泡的需要而定。大部分的咖啡泡法（例如蒸煮法和滴水法）都是使水通過磨碎的咖啡豆；過濾法則是將水和咖啡豆一起慢慢煮。

不含咖啡因的咖啡和即溶咖啡

對於那些為了健康理由不能喝咖啡或飲用咖啡後不能成眠的人來說，不含咖啡因的咖啡（decaffeinated coffee）實為一種寵物。生產不含咖啡因的咖啡時，要先將咖啡豆蒸煮，用酸液或氯化溶劑將咖啡因抽除，再蒸煮咖啡豆除去殘留的溶劑，最後再將其乾燥。

即溶咖啡（instant coffee）之調理簡便，尤其是只要調製一杯時更是明顯。製造即溶咖啡時，在焙烤過程中要留下較多的水分，經磨碎後在高溫（150℃）下泡成咖啡液，然後乾燥。乾燥方式可採用噴霧乾燥法製成固體團塊，或用真空乾燥法或冷凍乾燥法。採用冷凍乾燥法時，先將咖啡液冷凍，然後除去水分，留下固態凍結的咖啡。冷凍乾燥技術的進步已經大大地改善了即溶咖啡的風味。

左：咖啡豆經焙烤、加工製成各種商品的步驟
從烤箱取出後，將咖啡豆冷卻、除去夾雜物後，部分咖啡豆即可包裝待售，供應自行研磨咖啡的消費者。其餘的咖啡豆磨成不同的粒度以適用於滴水法、蒸煮法、過濾法等不同的沖泡法，或製成即溶咖啡。製造即溶咖啡時，要先將磨碎的咖啡豆放在高溫的大型沖泡器裏，用熱水沖泡成咖啡液，然後用噴霧乾燥法或冷凍乾燥法除去水分。



固態物理學 Solid-State Physics

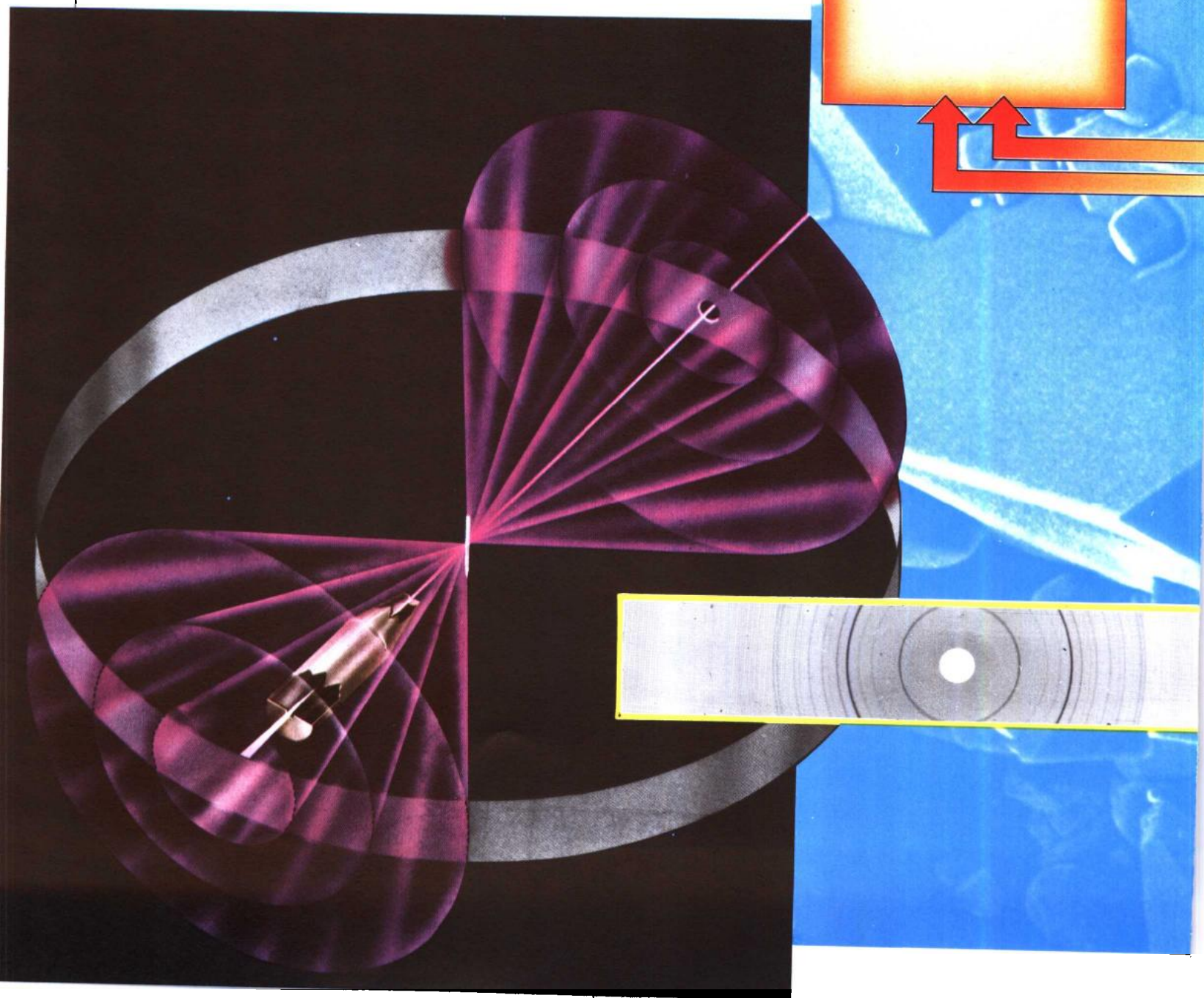
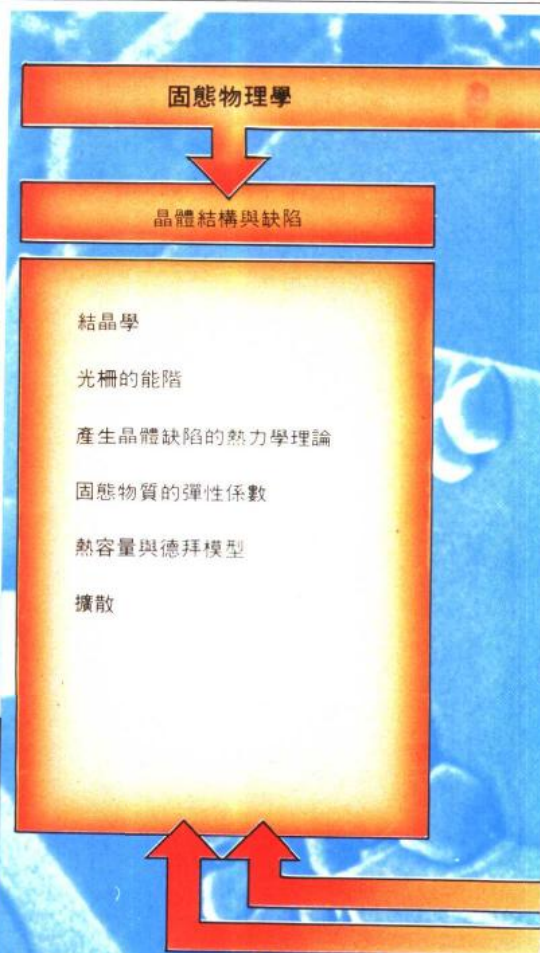
有些晶體如鑽石、藍寶石，是稀有而珍貴的；然而，如糖粒、食鹽、沙礫之類却也處處可見，十分普遍。這些不論是產量稀少或是蘊藏豐富，幾乎所有的固態物質都是由晶體所構成；至於不具有結晶狀的物質，如玻璃之類，我們稱之為非晶體物質(amorphous)。

研究固態物質所具有的性質，即稱為固態物理學。它和物理學許多其他的分支一樣，探究組成物質的基本分子及物質內部的各種交互作用力，這些力能夠將物質的各個部分聚集在一起。雖然固態物理學是物理學領域之內的一門獨立學科，但是研究範圍却會牽涉到物理學的其他分支。也就是說，它不僅要探討原子的本質(和原子物理學的工作一樣)、鑽研原子核心的結構(類似原子核物理學的研究一樣)，以

及在原子內部的粒子秉性(與粒子物理學所探討的對象相同)，並且還要研討原子在大塊物質內所表現的行為。此外，由於固態物理學家嘗試著用原子的物理性質做為基礎，來討論物質的化學性質；所以固態物理學的作用，就像在分隔物理與化學的鴻溝上架起了一座橋樑一般。

物質的組成分子與其作用力

原子是構成所有物質的基本單位，當然也是組成固態物質的基本分子。通常一個原子的內部，會有一羣被稱為電子的帶負電粒子環繞著原子核運行，原子核則是由一羣和電子數目相等，而被稱為質子的帶正電粒子，以及被稱為中子的電中性粒子所構成。由於原子的正電荷量與負電荷量是相等的，因此它會呈現電中性。當許多



理論

固態物質與輻射

色彩論
激發理論
光導電性
發光
吸收光譜
電光效應

固態物質內的電磁學

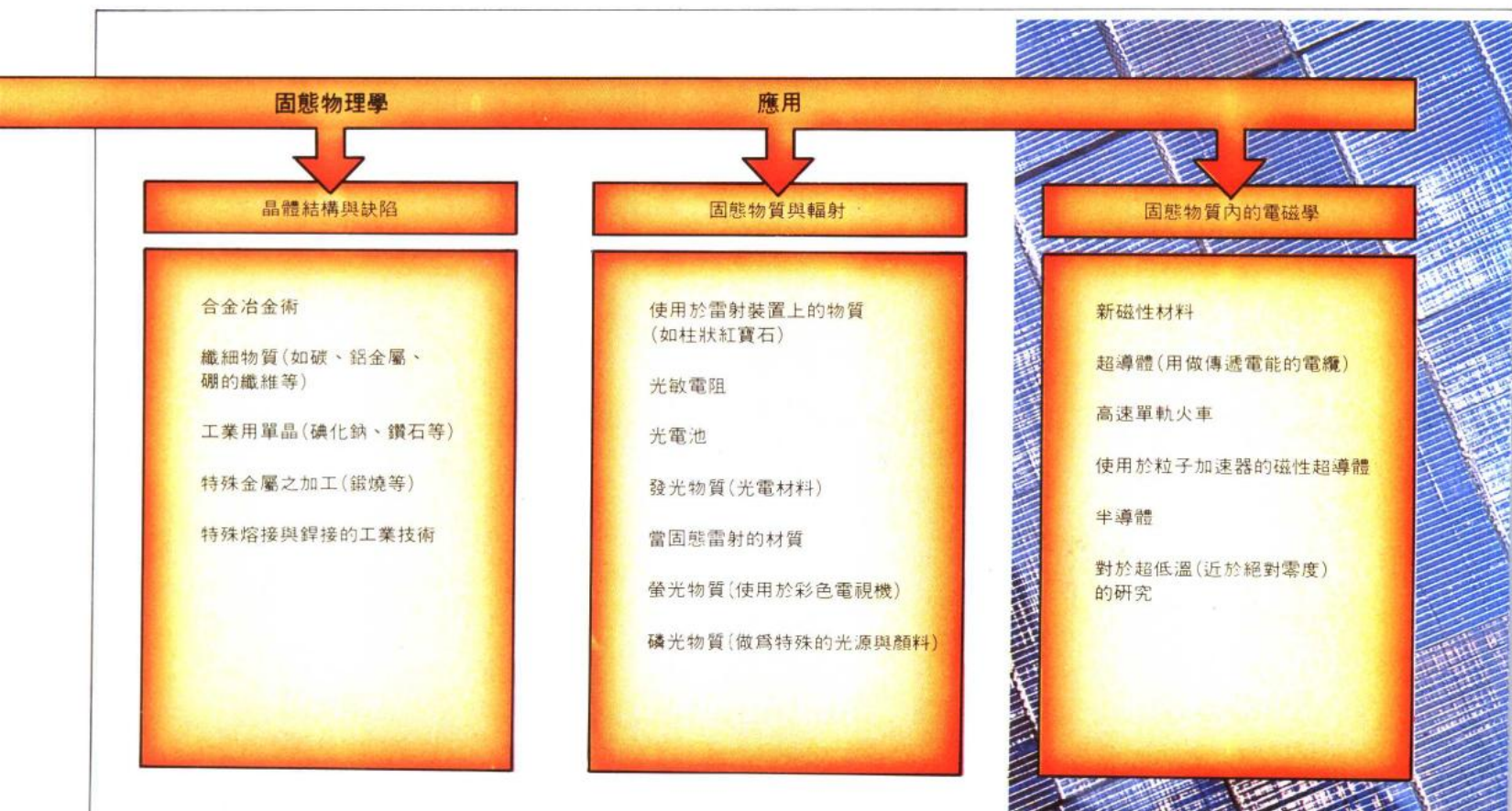
金屬與半導體的導電理論
固態物質能帶理論
自由電子金屬模型
鐵磁性
反鐵磁性
順磁性
逆磁性
固態物質的電介質特性

固態物質的熱性質

超導體
超流體
熱導體

本頁中的大幅圖片，顯示在電子顯微鏡下所觀察到的電氣石結晶 (tourmaline crystal) 外貌。爲了對結晶體的結構情形有更深入的了解，科學家利用一種稱爲德拜法(Debye method)的X射線繞射法，來探討這個問題。粉末狀的晶體被置於X射線產生裝置下，然後用X射線照射。這種裝置的示意圖顯示於左圖中。當這些X射線進入不同形式的晶體內部時，會被晶體以特定的方式所繞射、偏折以及吸收。

上：利用德拜法所得到的電氣石結晶X射線繞射圖案。



原子聚集在一起而表現出一個整體的行為時，我們將這些原子所形成的羣體稱做分子(molecule)。

電力是促使原子連結在一起的主要原因。當原子的電荷平衡狀態遭到破壞時，它就會顯現電荷性，而被稱為離子。舉例來說，鈉原子有失去電子的傾向，因此變成帶正電的離子；然而氯原子易於接受額外的電子，所以變成帶負電的離子。由於異性電荷之間會產生吸引力，它們兩者便形成了複合物——氯化鈉，也就是我們俗稱的食鹽。這種複合物，實際上是由鈉離子與氯離子依照某種組合方式排列而成的；在這種組合方式中，每一個離子被其他 6 個離子包圍著。凡是以正負離子按照某種方式組成的晶體，稱之為離子晶體(ionic crystal)。

在分子晶體中，促使原子聚在一起的力，雖然也是電力，但是其作用方式却與離子晶體不大相同。分子內的電子分佈得不很均勻時，一端會稍微帶有負電性，而另一端則略帶正電性。雖然分子本身不具有離子的性質，但是所具有的這種微弱的電荷，却足以讓這些分子(包括單原子分子)在低溫的狀態下吸引在一起；也就是說，此時分子所具有的運動速度，並不足

以掙脫電力的束縛。此外，在金屬晶體與共價晶體內，還有其他種類的結合方式。

固態物理學家不但要探討固體內部的原子或分子的結合方式，更要研究其不同的結合方式對固態物質物理特性的影響。這些特性包括物質的熔點、導熱能力以及受到壓力時所表現的行為等等。然而，現今固態物理學的主要工作，卻在於物質的結晶構造，以及將雜質放入晶體時對電流傳遞的影響。

結晶學

晶體是由許多原子，在簡單劃一的規則下排列而構成的；也可以說是以特定的結晶幾何構圖或晶格，在空間中重複堆砌而成。一般人所謂的晶體，指的是某種礦物，例如鑽石、藍寶石等，它們可以結成很大的晶塊，且依然保持其基本的結晶形狀，故不必藉助任何儀器便可以觀察到。但是大多數物質的晶格圖形，卻必須在分子世界的層面中才能發現。

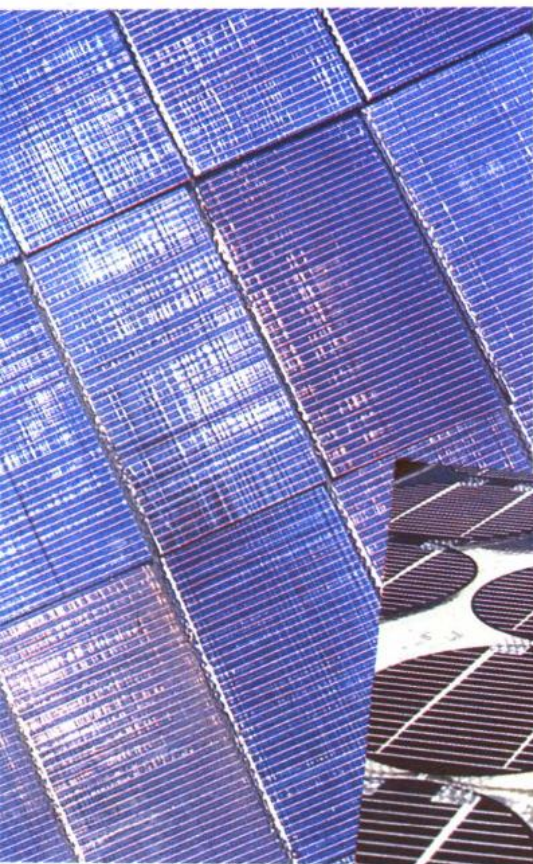
有些固態物質不以晶體的形式存在，玻璃就是一個例子。其分子的排列形式完全不具有規則性。因此，科學家們將玻璃視為一種非晶性的固態物質，甚至將它看做一種過冷的液態物質。

固態物理學的運用，對於光電池技術的開發有莫大的助益，其資料顯示於右上圖中。

最右：因為固態物理學的發展，我們已可完全使用破纖維來製造出一架飛機的模型。

在本世紀以前，科學家們尚未獲悉原子在晶體內部的排列情形。雖然晶體的外貌已被科學家們詳細研討過，但是想要從那些浮面的認識中，找出與晶體內部原子排列情形有關的蛛絲馬跡，根本就是緣木求魚。

西元 1912 年，德國物理學家勞厄(Max von Laue)率先利用 X 射線來探究晶體。X 射線是一種高能量的輻射線，能夠穿過固態物體。其性質就像光一樣，當它入射到晶體的內部時，受到了晶格的散射，而由晶體內部狹窄的空隙穿過。這種現象也就是眾所週知的繞射現象。當勞厄讓 X 射線穿過晶體時，注意到這些 X 射線先被晶體內部的原子散射，再從原子之間的縫隙穿過。實驗所得到的 X 射線繞射圖案，確實提供了一條線索，使得我



們對於晶體內部的原子排列，有了更深一層的了解。原子在繞射過程中，有時會吸收 X 射線而放出屬於該原子特有的 X 射線。每一個原子所放射出來的 X 射線，其種類也不盡相同。這些具有不同特性的 X 射線，能夠指引我們一個方向，來辨認晶體內部的原子種類。以 X 射線做為探索晶體的工具，所從事的研究工作，就是我們所熟悉的 X 射線結晶學 (X-ray crystallography)。

雜質

無論是天然的晶體或是實驗室裏人工培養的晶體，或多或少都會含有一些雜質，而雜質的種類往往在一種以上。其中有一種，被稱為可代換雜質的，引起固態物理

學家很濃厚的興趣。此類現象的發生，是由於晶體內部的一個原子脫離了晶體，其位置被另一個不同種類的原子所取代。這種形式的雜質能夠大大影響到物質的特性，而這些物質也就是今日用途極廣的半導體 (semiconductor) 材料。

倘若固態物質能夠導電，則稱之為導體，反之則稱為絕緣體。而半導體材質的導電性介於它們兩者之間。此外，半導體的導電性還受到溫度以及其他因素的影響——例如在半導體結晶中雜質的特性等。為了達成某種目的，而將定量的雜質加入半導體中，此種程序就是我們所謂的「摻入雜質」(doping)。目前，固態物理學的主要研究工作，就是尋找將雜質摻入晶體中的各種可行途徑，以及摻入雜質後會對

流經晶體的電流產生何種效應。

摻入雜質的方式，最主要的有兩種，就是眾所週知的 N 型與 P 型摻入雜質。在 N 型半導體內部的電子，很容易脫離雜質原子的束縛而形成自由電子；P 型半導體內部的雜質原子，則會產生許多移動性的「電洞」，電洞的行為就像是正電荷一般。這兩種摻入雜質的方法，都能夠讓電流輕易地通過被摻入雜質後的晶體內部。舉例來說，N 型半導體主要靠自由電子來傳導電流，P 型半導體則是由於電子掉入電洞中，而造成電流傳導的現象。對於半導體製造工業而言，摻入雜質的技術是極其重要的，因而晶體被視為僅是用以支持雜質的一種較方便的結構而已。

固態元件

有一種特殊的裝置，能夠依照使用者的要求，而運用上述的方法讓電子流經晶體內部，這種裝置稱為固態元件 (solid-state device)。固態元件包括電晶體、二極體、發光二極體、雷射二極體、光電管以及光二極體等。若將任一種固態元件，與具有相同用途的真空管元件相比較，不難發現，除了外形上有很大的差異之外，在其他的特色上也有顯著的不同。固態元件的體積比真空管小，重量也顯得較輕，價格更是低廉，而且還具有可信度高及抗震性強等優點。如果以固態元件取代真空管，將能夠使機器運作的適用範圍更形寬廣。目前，半導體製造的技術，已經發展到能夠在微小的晶片上匯集數以萬計的固態元件。由於技術的不斷突破，在晶片上所能容納的元件數目也相對地增加。

始祖鳥 Archaeopteryx

約在一億四千萬年前的侏羅紀末期，有一種外形奇怪、像烏鴉般大小且具有羽毛的生物，在歐洲地區遊逛，牠們的活動方式當然不是在空中飛行，但有可能是滑翔，這種生物後來逐漸死亡而消失在附近的淺海或海灘之中，這個地區就是現在的巴伐利亞。此種動物死亡後，軀體隨即被白堊質成分的泥土所覆蓋，由於泥土將屍體裹緊，最後導致化石的形成，這個化石經過數百萬年的時間，並沒有受到破壞或干擾，直到西元 1861 年有一天，在索倫荷芬(Solenhofen)附近有一家石灰石的採石場工人，終於發現了這個化石，科學家將它命名為始祖鳥。倫敦的大英博物館將它買下，至今仍置留在展示櫥窗內。迄今至少有四具始祖鳥的化石已經被人類發現。始祖鳥的屬名是 *Archaeopteryx*，這個字是由兩個希臘字所組成，意思是「古代的翼」。始祖鳥是現在那些在天空飛翔，讓我們得以聆聽美妙音色的所有鳥類的親戚，同時也是我們已知的最原始鳥類。

長久以來，古生物學家對於一種外型頗為嚇人，目前已消失於地球上，且會飛翔的爬蟲類——翼手龍，非常熟悉；而始祖鳥的出現，讓古生物學家得以重新塑造一種迄今仍不甚明瞭的生物，牠具有鳥類的外型，但實際上又兼具有爬蟲類和鳥類的特徵。

翅膀、爪和牙齒

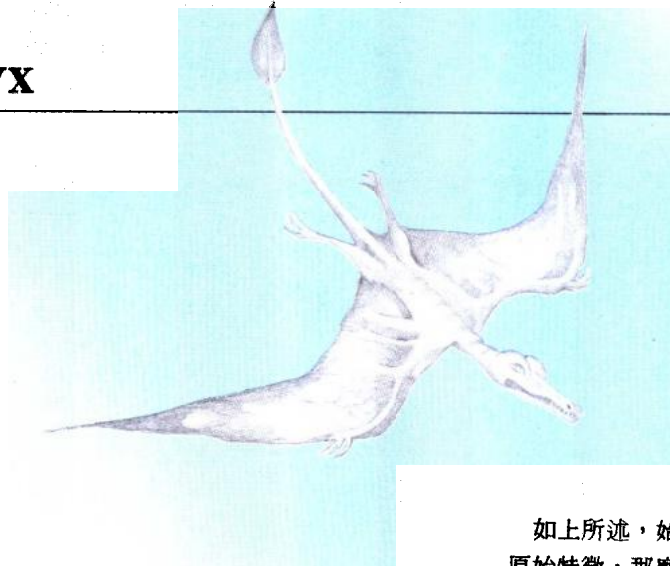
約在人類發現始祖鳥化石，並安置於大英博物館的一百年之後，博物館的館長比爾爵士(Sir Gavin de Beer)詳細地研究了這個化石，以下就是他這篇報告主要結論的摘要：

一、始祖鳥具有一條長尾巴，是由許多彼此分離的骨骼，即脊椎骨，所組合而成；牠是一種原始的陸地卵生脊椎動物，這是現代的鳥類中所沒有的。現代的鳥類尾部短，尾脊椎骨癒合，形成單一的尾椎，解剖上稱為尾綜骨(pygostyle)。

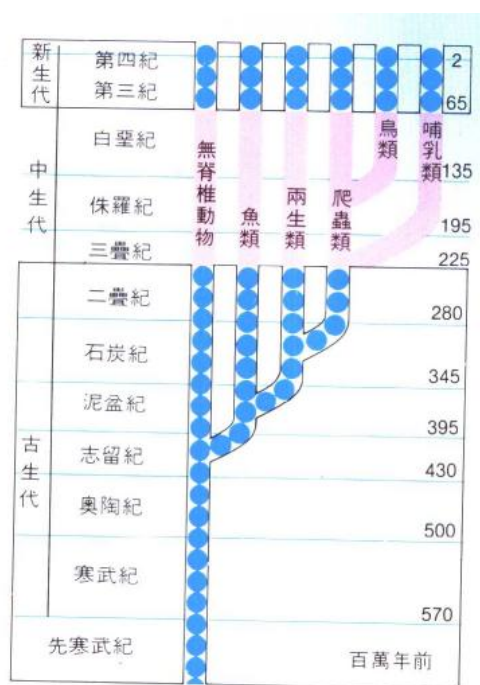
二、始祖鳥的脊椎骨構造與恐龍和鱷魚的脊椎骨非常相似，但和現代的鳥類有很大的差異。

三、始祖鳥的骨骼與現代鳥類不一樣，內部並不充滿空氣(小雞和其他家禽的骨骼裏「中空」的特性，稱為通氣性)。

四、始祖鳥的牙齒很原始，而現代鳥類則完全沒有牙齒的構造(西方諺語即有「少



下：圖中表示鳥類如何由會飛翔的爬蟲類所演變而成。左：翼龍(*Rhamphorhynchus*)即是一種會飛翔的爬蟲類。



如母雞的牙齒」的說法)。

五、始祖鳥的掌骨(在人類和其他動物指骨後面的長骨)是分離的，而現代鳥類的掌骨全部都已癒合。

六、始祖鳥手上有三根手指的爪很原始(雖然，根據比爾爵士的說法，現代鳥類之中亦有鴛鳥和麝雉，在稚鳥時期有兩根手指上仍出現爪的構造)。

七、始祖鳥的腓骨，即後腿部位較靠外側且較小的那條骨骼，與靠內側且較粗大的脛骨長度相同，而現代鳥類之中，腓骨要比脛骨短。

八、始祖鳥具有原始性的肋骨，其構造和現在的鳥類有很大的不同。

九、始祖鳥亦具有原始性的腦，與現代鳥類的腦極不相同。

如上所述，始祖鳥既然具有如此明確的原始特徵，那麼牠和現代的鳥類之關聯性又是如何呢？基本上有四種特徵是相同的，分別是：(一)恥骨(支持性器官的骨骼系統)的性質；(二)叉骨的出現，這是由鎖骨癒合而成的；(三)腳上出現相對的拇指，向後方生長，使得鳥類可以棲息於樹枝間；(四)最重要的是具有羽毛。某些科學家將始祖鳥的羽毛分成三種形式，即飛羽、尾羽和覆羽，我們也可在現代鳥類中發現這些形式的羽毛。雖然如此，由於始祖鳥的胸部缺乏龍骨突起的構造，故而牠們無法發展出強而有力的飛行肌肉。

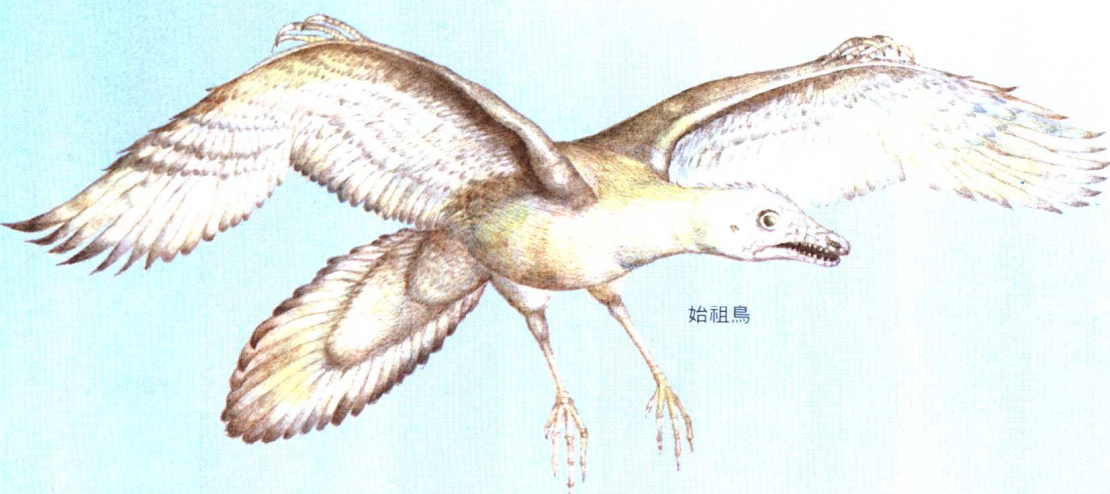
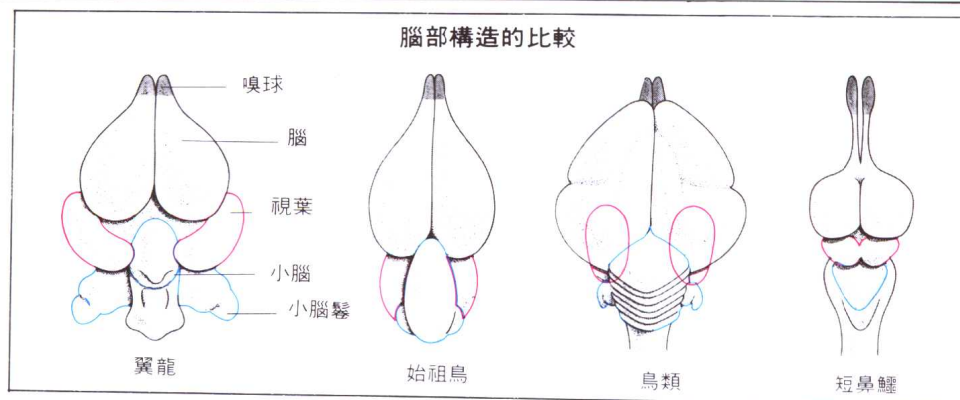
從鱗片到羽毛

即使在今日，我們對於古老原始的鱗片，如何演變成羽毛的確切機制，仍不明瞭，但是有一點可以肯定的是，鱗片和羽毛在化學組成成分上非常相似。某些古生物學者相信始祖鳥和其他的鳥類，乃是由某些小型恐龍如擬鱷類演化而來；擬鱷類恐龍生活於距今二億二千五百萬年前的三疊紀時期，是一種體型小，以雙足活動的恐龍，其頭骨的形式和始祖鳥非常相似，雖然目前我們不能很肯定，但很可能的是，擬鱷類和其他的恐龍亦具有羽毛。古生物學家認為這些爬蟲類中的某些種類係生活在樹林間，經過數千個世紀的演化之後，才變成今日羽毛鮮艷、體溫恆定的鳥類。

在化石紀錄中，我們很少發現有絕種鳥類的化石，這主要是因為鳥類羽毛和其輕而充滿空氣的骨骼，極易腐壞，以致無法形成化石，往往在尚未形成石灰石化石永久保存之前，就已腐敗分解掉。對科學家 and 好奇的賞鳥者而言，有翅膀的始祖鳥，以牠強健而重的骨骼，在索倫荷芬的石灰石層內留下痕跡，是一件值得慶賀的事。

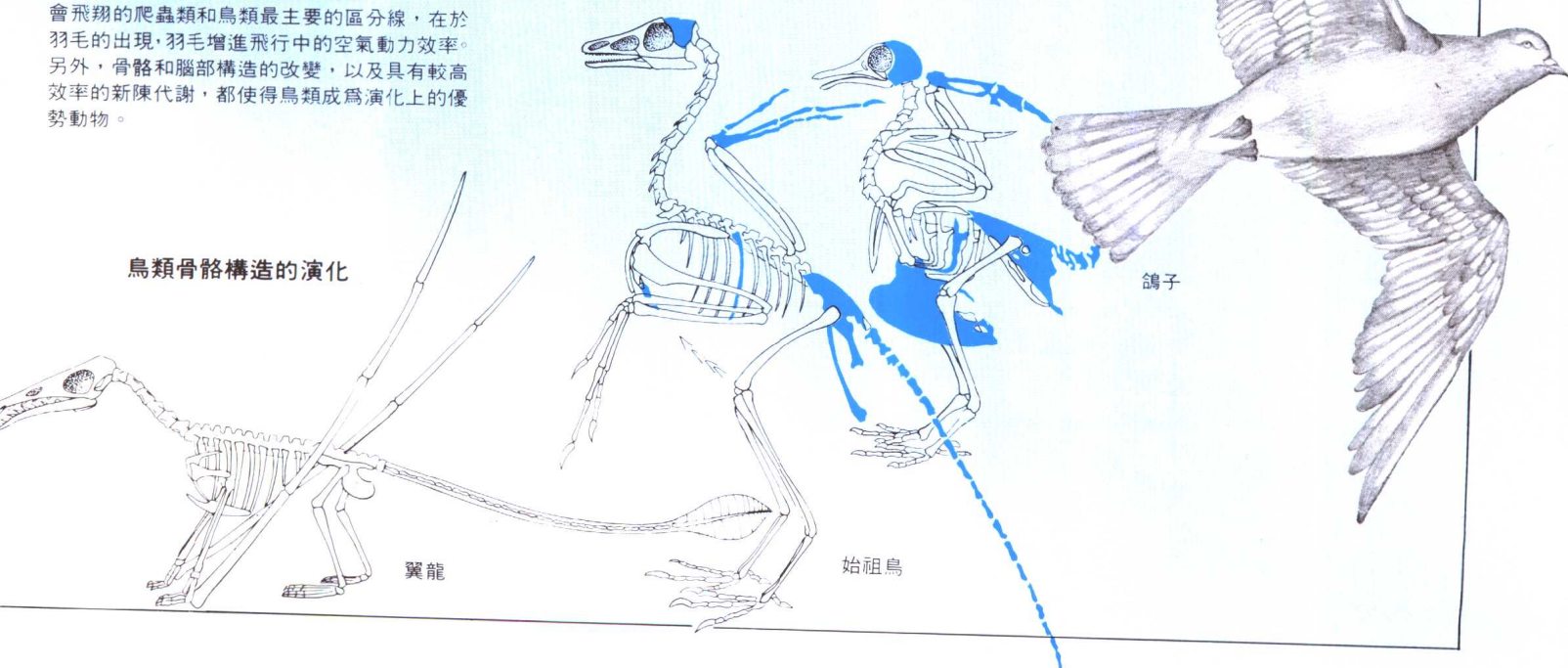
參閱第十二冊 72~77 頁演化(Evolution)。

比較腦部的發育，很明顯的在會飛翔的爬蟲類中，掌管視覺的視葉和負責協調肌肉合作的小腦已非常發達，而以陸地為生存環境的爬蟲類，如圖中的短鼻鱷，其腦部卻沒有這種高度的分化。



爬蟲類輻射狀的演化，使得牠們可以出現在各種環境之中，包括在陸地、海洋和天空中，我們都可以發現牠們。但是，會飛翔的爬蟲類其構造上却存有若干的缺陷，身體外形不合乎空氣動力的原理，且體重亦稍嫌過重。

會飛翔的爬蟲類和鳥類最主要的區分線，在於羽毛的出現，羽毛增進飛行中的空氣動力效率。另外，骨骼和腦部構造的改變，以及具有較高效率的新陳代謝，都使得鳥類成為演化上的優勢動物。



孢子・孢子的分化 Spores and Sporogenesis

當你向蒲公英蓬鬆的果序吹一口氣，不只是許一個願到風中，同時也吹下數百個很微小、構造像種子一樣的孢子。假如這些孢子落在生長環境適宜的土地上，它們最後都會長大成為蒲公英。

有性生殖及無性生殖

孢子是蒲公英及其他植物和細菌，以及某些單細胞生物(protist)繁殖過程中一個重要的階段。一個典型的孢子是一個細胞壁包圍著一團原生質所組成的，被原生質包圍在裏面的是細胞核。不論孢子是否經由有性生殖產生，它都以無性生殖的方法再繁殖，也就是說不需要接觸其他的孢子個體，即可以複製新個體。某些種類的孢子(大多是單細胞有機體)自己分裂成完全相同的兩半，每一半都將長成一個新個體。這種簡單的細胞分裂過程，稱為有絲分裂(mitosis)。

其他單細胞植物的孢子及一些多細胞植物如：蘚、苔、蕨類及開花植物的孢子，經過另一種叫做減數分裂(meiosis)的分裂過程，發育成為配子體(gametophyte)。配子體是有性細胞體，每一個細胞含有母株的一半染色體，這些配子體再和其他的配子體結合成為一個新個體；在世代交替(alternation of generation)的過程中，這個新個體將會產生孢子，孢子再產生更多的配子體。對有些植物如：地錢、苔、蘚而言，有性階段佔優勢，也就是孢子的營養得自配子體。其他的植物如：蕨類，在孢子與其母體植物分離後，配子體就寄生在孢子上。還有其他種類的植物像：卷柏(*Selaginella*)，是異孢子體，它的孢子有兩種大小：大的叫大孢子(megaspore)，分裂成雌配子體；小的叫小孢子(microspore)，分裂成雄配子體。由配子體產生的孢子大約一半是雌性的，另一半是雄性的。

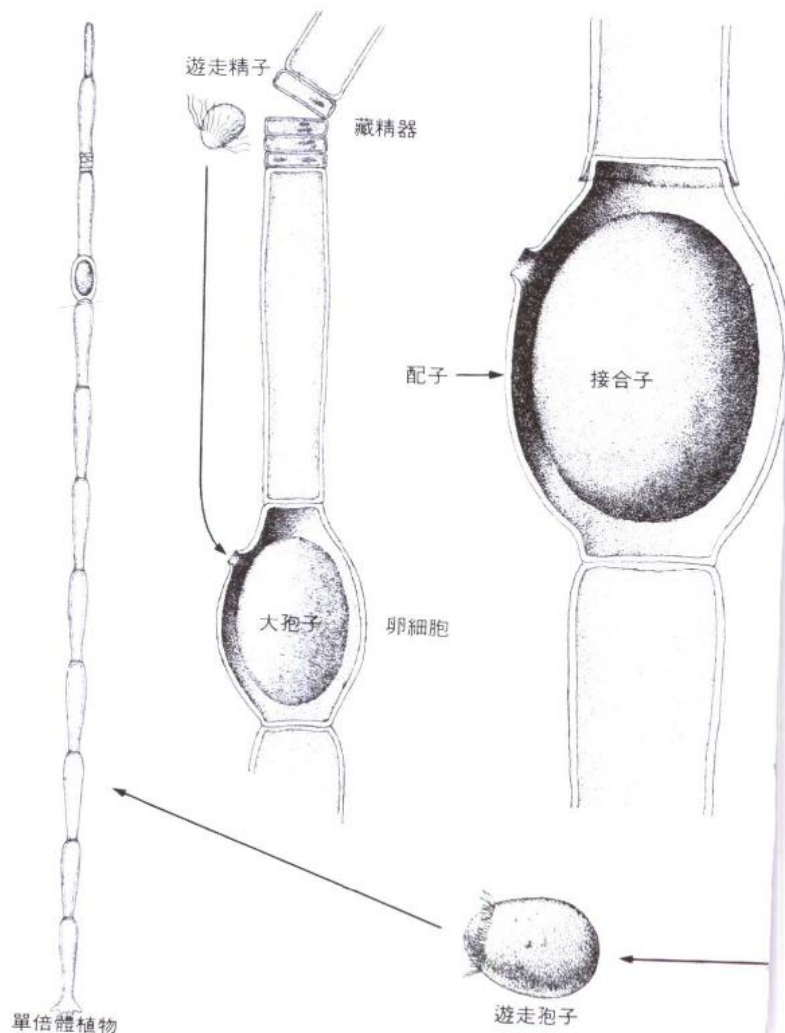
可靜可動的孢子

如果光線、溫度、濕度等狀況都適宜，一個孢子可能很快就萌發。孢子通常是一種為了使種屬快速擴張而演變的形態，它們由母體產生的數量極多，並且在空氣中、水中或藉消化它們的動物廣為散佈。活動狀態的孢子是指隨時可以萌發的孢子，有一層薄薄的細胞壁。

孢子也是一種使有機體能在惡劣環境下生存的變通方法。許多細菌為了抵抗嚴

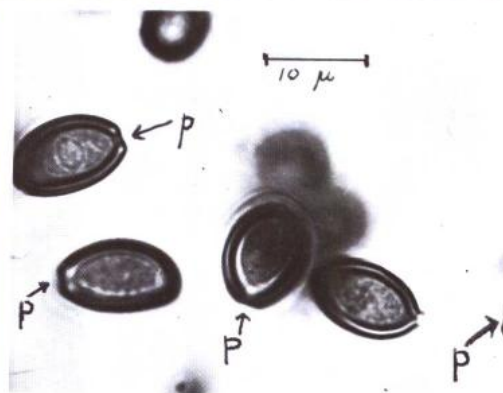
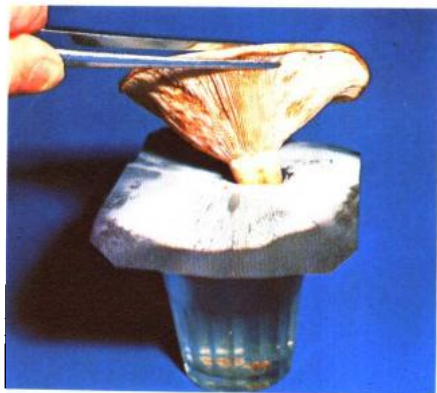


上：梭菌(*Clostridium pectorum*)的強抵抗性孢子。
右：海藻鞘藻(*Oedogonium*)的萌發週期。



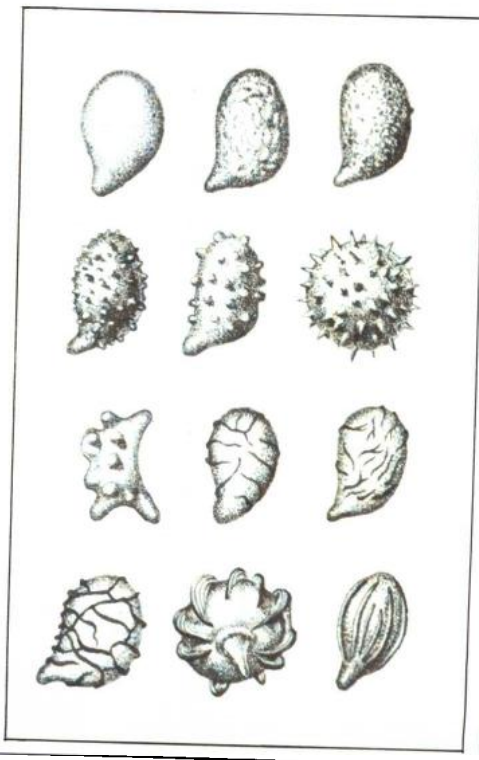
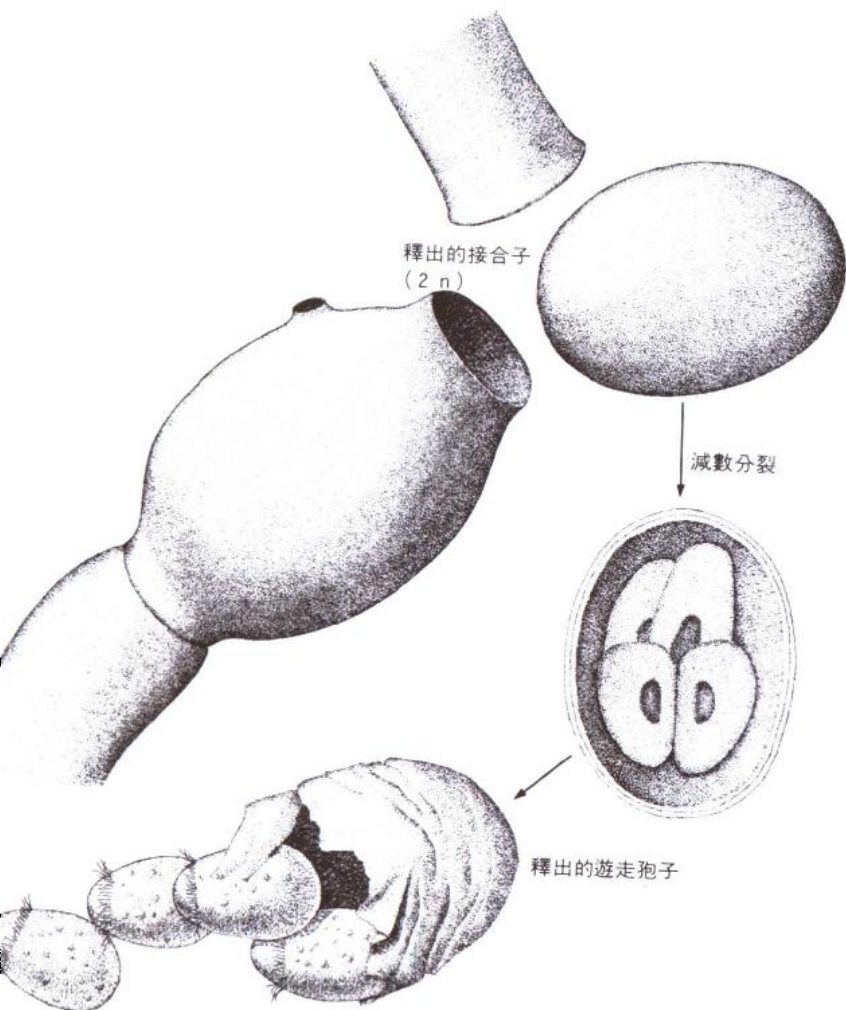
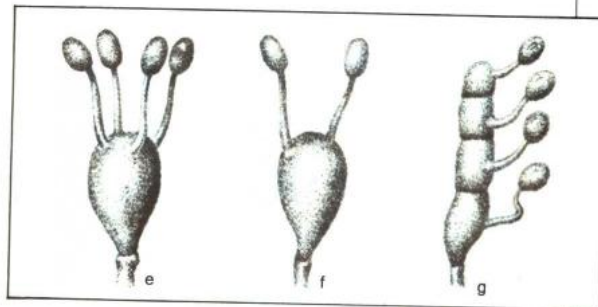
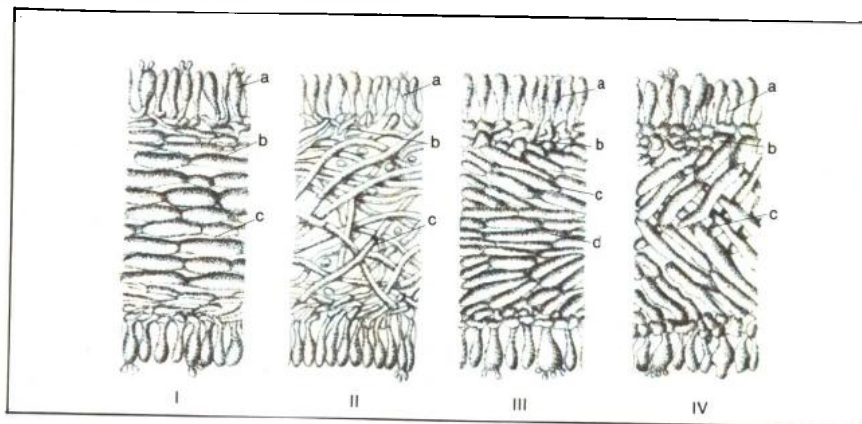
寒、酷熱、過濕、過亮或黑暗等不良環境，會形成有強壯厚壁的孢子；這種是靜態的孢子，可以數年、甚至數世紀保持不動，等到環境改善時，或者孢子被帶到一個比較好的環境時，細胞壁便軟化而使孢子萌發。

孢子是孢子蟲(sporozoan，寄生性單細胞或非細胞動物的一綱)這類動物複雜的生命週期中的一個階段。蛔寄蟲(*Monocystis lumbrici*)即是這類動物典型的例



右：做好的切片顯示出孢子的內部構造。(a)子實層的最外層；(b)基層；(c)菌髓；(d)中層。其內部結構可為(I)規則式，(II)不規則式，(III)雙斜向；(IV)交織式。

右下：擔子菌孢子的三種型態。最下：方格內為各種不同形狀的孢子。



子，它生活在蚯蚓的生殖孔上；蚓寄蟲的孢子在靜止期的時候被蚯蚓吃掉，在蚯蚓溫暖的消化道裏面時，這些靜態孢子的細胞壁會散開，釋出活動的孢子，這些孢子叫做動孢子(sporozoite)。每一個動孢子滲入蚯蚓的睪丸裏面，以發育中的精蟲細胞維生；這個攝食階段的孢子叫做營養動孢(trophozoite)。被營養動孢奪去養分的精子開始乾涸，最後變成纖維附著在營養動孢表面。這些纖維類似纖毛，有助於營養動孢移動到蚯蚓生殖孔的過程。然後每兩個營養動孢聚集在一起，外表形成一層胞囊把自己包裹起來，接著營養動孢開始分裂，每一個都產生大量的配子體。來自不同營養動孢的配子體在胞囊裏彼此配對，同一個營養動孢分裂出來的配子體則不會配對。這些配子體的結合將再構成孢子，有些在蚯蚓體內分裂成孤雌細胞(daughter cell)；有些則隱藏起來，成為靜止狀態，然後被新的寄主吃掉，重新進入蚯蚓體內。

孢子分化，口語化地說就是製造孢子，這是一個比字面含意複雜很多的過程；它不但製造孢子，還包括孢子逐漸形成性細胞的過程，這個過程和製造孢子一樣複雜。

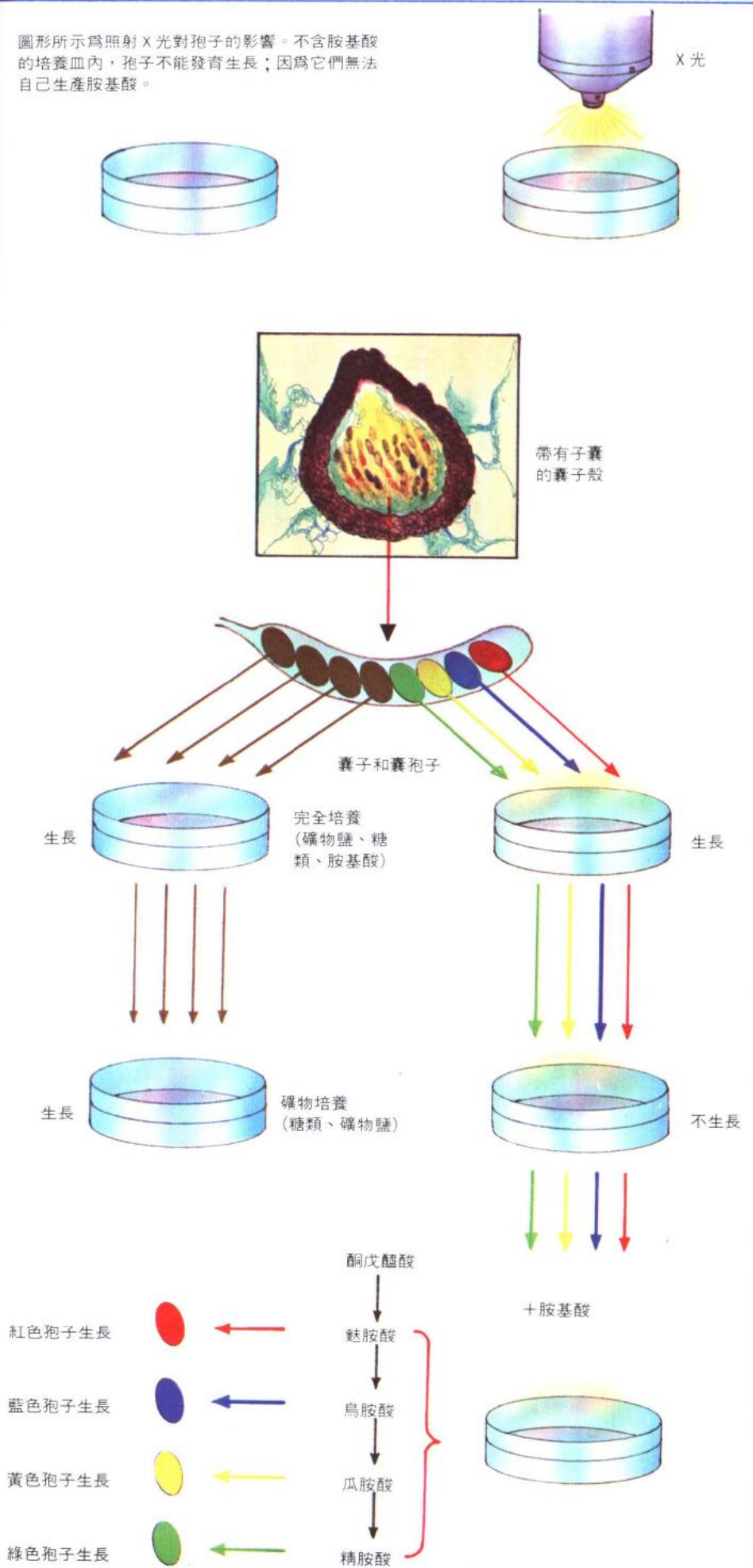
苔蘚類植物(Bryophyte)屬於植物界兩個主要部門中的一類，包括地錢、苔蘚和角蘚。它們的孢子是經由配子體(性細胞)的結合而產生；在發育過程中，孢子依賴所附著的配子體供應水分及營養。孢子被包裹在稱為孢子囊的囊膜裏，當囊膜壁腐敗或囊膜像樹幹一樣向上伸展時，便會釋出孢子。孢子囊沒有多葉的保護性外皮，孢子於是往外散佈。在生命週期的無性階段，孢子經由有絲分裂成為配子體。

維管束植物及種子植物(spermatophyte)的孢子階段佔優勢，也就是說配子體由孢子供應營養。這種型態的植物既非同孢植物(homosporous plant)，亦非異孢植物(heterosporous plant)。

同孢植物如：石松類(Lycopsid)，製造出大小相同的孢子，其配子體是兩性的。生長孢子囊的葉子(即孢子葉)通常在特殊化的莖——孢子囊穗(strobili)上可以找到。每一片孢子葉產生一個孢子囊，從孢子囊釋出的孢子在土壤中發育，分裂成配子體被埋入腐植質裏，配子體在地下製造孢子。

木賊(horsetail)孢子生出的配子體是雌

圖形所示為照射X光對孢子的影響。不含胺基酸的培養皿內，孢子不能發育生長；因為它們無法自己生產胺基酸。



雄同株，也就是兩性的，這些配子體可以自己受精，生出數個孢子。而平常的配子體只產生一個孢子。

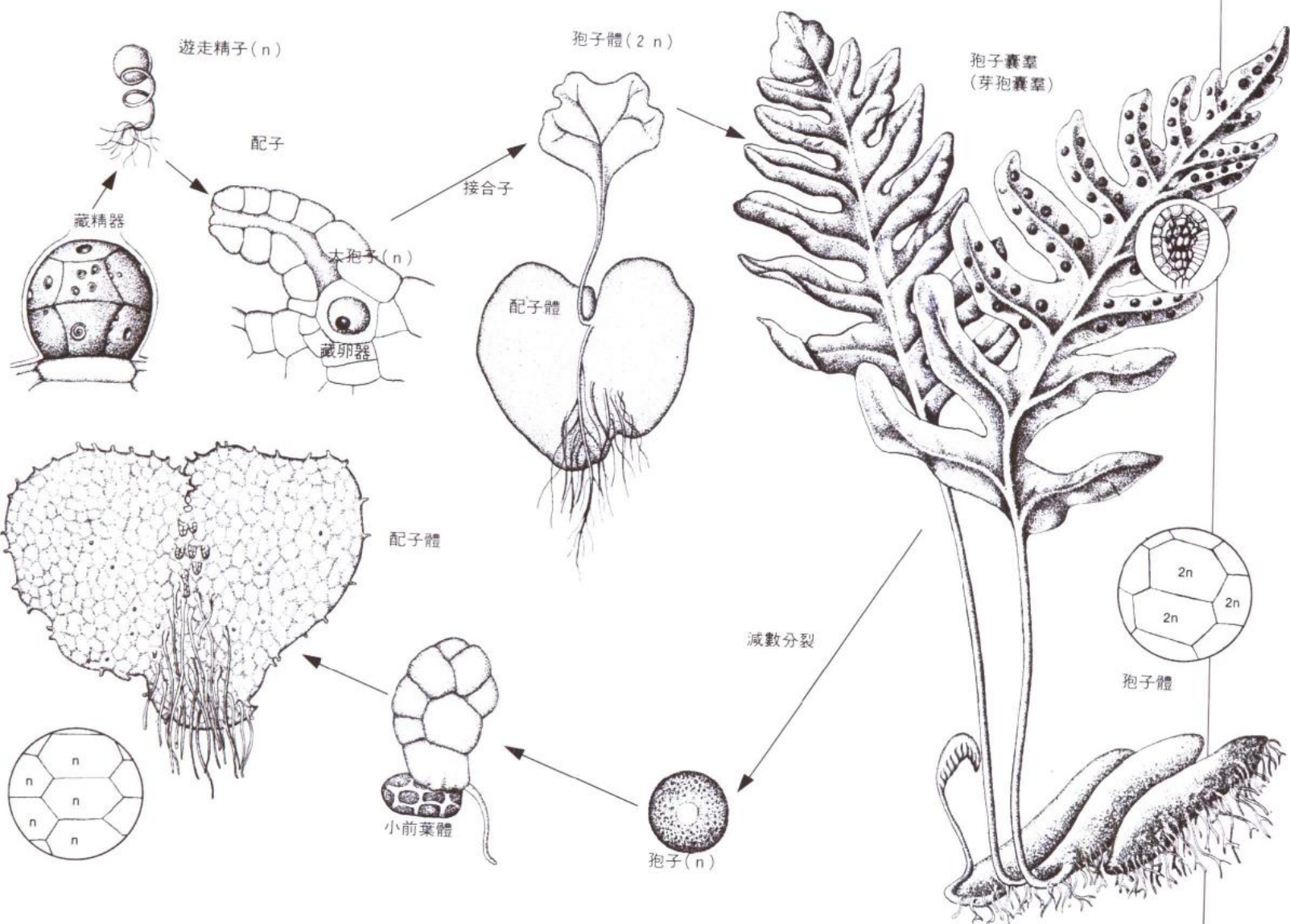
異孢植物如卷柏類能製造出大小不同的兩種孢子，較大的(即大孢子)發育成雌配子體，較小的(即小孢子)發育成雄配子體。同樣的，它們也產生特殊化的大孢子囊和小孢子囊，大孢子囊裏只有一個大孢子能成熟，小孢子囊裏的所有小孢子則差

不多都能進行減數分裂而生成雄配子體。卷柏類的配子體在孢子囊裏開始發育，當配子體接近成熟，就從孢子囊釋出，進入土壤。卷柏類的配子體沒有葉綠素，必須依賴含有葉綠素的孢子進行光合作用，供應食物。

其他的異孢植物如：水韭(Isoetes)，孢子不在孢子囊裏萌發，它們只吸收孢子囊的養分，然後釋出，進入土壤，在土壤裏

分裂。

種子植物(包括被子植物和裸子植物)的配子體寄生在孢子上，大孢子從未離開大孢子囊，雌配子體在大孢子囊內形成，雄配子體在小孢子囊內發育，然後經由花粉管通向卵細胞，在殘留的大孢子囊裏進行受精作用。



上：水龍骨(Polypody) 的生命週期。這是一種水龍骨屬的蕨類，在其生長過程中包括了單倍染色體(n)及雙倍染色體(2n)的狀態。

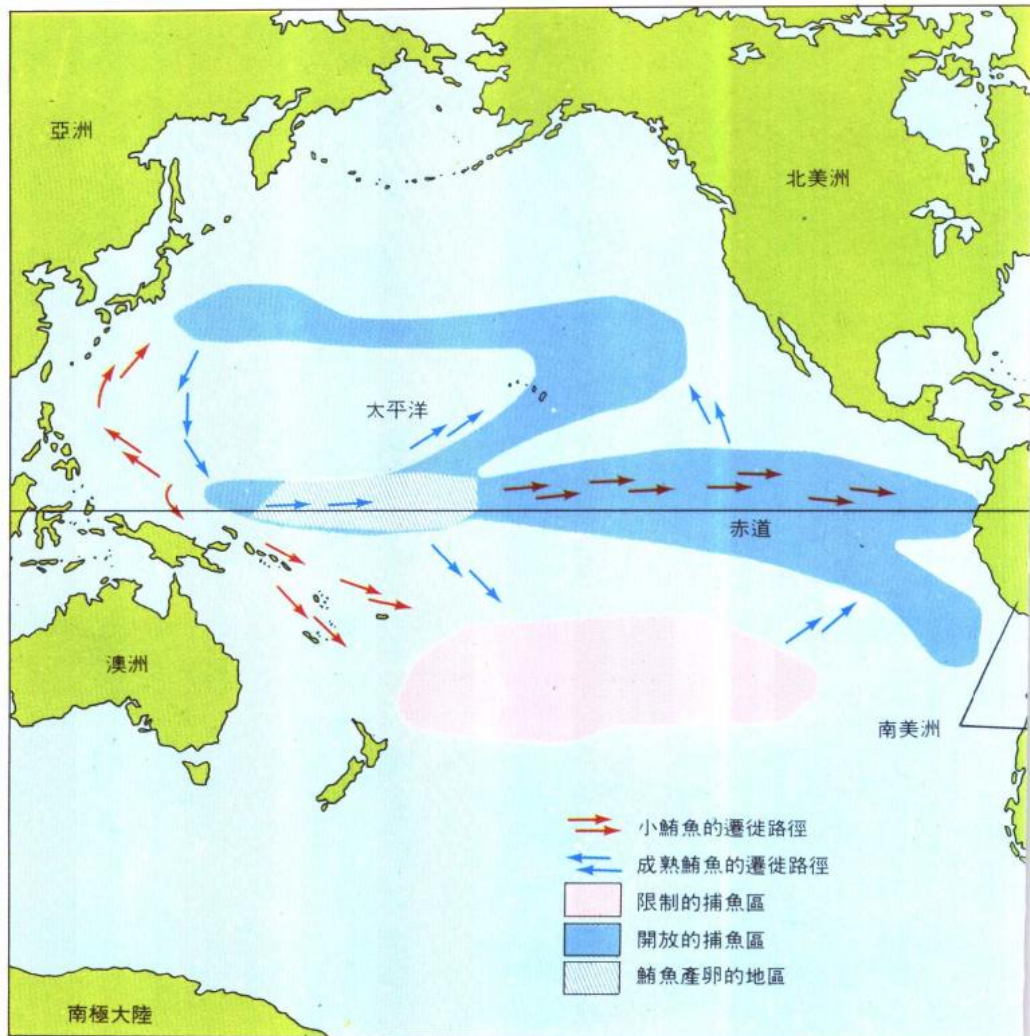
定向 Orientation

一隻蜜蜂在覓得食物之後，回到蜂巢邊，牠會先降落在蜂巢的垂直區域，然後向外飛出一小段距離，並且左右搖擺牠的腹部，隨後牠又轉彎，沿著半圓形的路徑，回到蜂巢的起始點，再重複這種「舞蹈」，生物學家稱為「搖擺舞蹈」。等這隻蜜蜂重複這種舞蹈數次之後，在蜂巢內觀看這隻蜜蜂舞蹈的其他蜜蜂，隨即飛出巢外，過了不久，每一隻蜜蜂都從這隻跳舞的蜜蜂所發現之食物來源，帶著食物，回到蜂巢來，究其原因，我們發現這隻蜜蜂在跳舞時會設定牠的運動速率，以表示蜂巢和食物之間的距離；且以直線運動的角度，用來表示牠發現食物之時，太陽所在的方向，也就是牠發現食物的方向。

上述的各種訊號，只是動物定向眾多的例子之一，動物的定向是一種行為模式，也是動物體對於外界的刺激，所產生的自主反應。動物的定向行為可以幫助牠們指出食物的所在、逃離危險，並在各種情況下，例如在樹枝間、太陽下、或是水塘的表面，得到一個最適當的休息位置。

空間的定向

動物空間的定向(即向性)包含運動性(kineses)和趨性兩種型式。所謂運動性，是指動物對於不明或非特定目標的反



左：鯖魚的魚羣。這是一種遷移的魚類，在世界各大洋中都可以發現牠們。

上：這是目前人類已知的鯖魚遷移路徑，科學家利用標示和捉放的方式，追蹤鯖魚，發現在佛羅里達州外海的鯖魚羣，可以到達挪威的沿海，兩地區距離有一萬公里，而牠們只花了50天的時間就可以到達。

應，這是一種動作的過程，譬如一條狗會沿著足跡而走即是。雖然這類的刺激不能指引動物到達目的地(即刺激的起源)，但却能影響動物的行為。濕度、壓力和散光等因素都會造成這種反應。不過動物是依循刺激的強度作反應，而不是依其方向，例如鼠婦(woodlice)這種動物，生活於潮濕的森林環境中，若我們將牠們由黑暗潮濕的石頭底下移出時，牠們會四處移動，

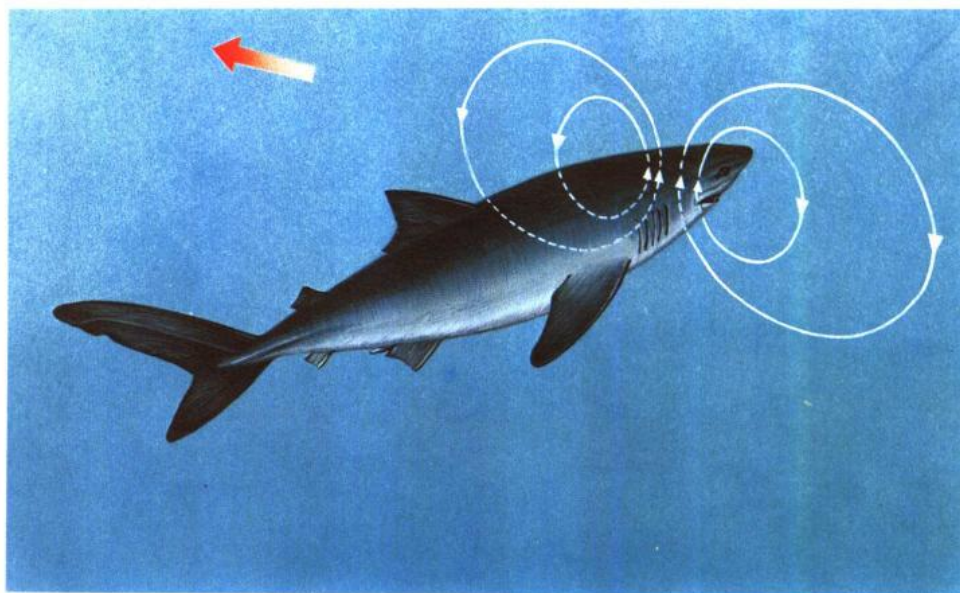
移動的速度則視當時空氣中的濕度而定，除非環境中的濕度正好適合牠們的要求，否則牠們會一直移動而不停，鼠婦的這種反應稱為直線運動性(orthokinesis)。

第二種運動性稱為傾斜運動性(klinokinesis)，這種運動和前者不同，直線運動性是指在運動中動物的速度會改變，而傾斜運動性則指當動物改變運動方向時，速率會改變，且其改變的情形視刺激

的強度而定。例如，我們突然增強照射在花蟲上的燈光，則花蟲會瘋狂地運動，其方向成鋸齒狀，約30分鐘之後，動物已能適應新的光強度，才恢復正常的直線運動性的方式。花蟲這種對於突然刺激的調整方式，稱為習慣性(habituation)，習慣性必須發生在新的外界環境，且和其原始的棲息環境有某種程度的相似。

趨性是第二種的空間定向行為，趨性是

生物對刺激的直接反應，動物會依據刺激強度的變異，沿著強度的梯度範圍內(由刺激源向四周輻射其強度會遞減的區域)去尋找，直至牠位在刺激源時才停止。在轉向趨性(tropotaxis)中具有成對感覺接受器(如觸角或眼睛)的動物，會同時估測牠身體兩邊的刺激強度，然後根據感覺，而調整其所處的位置。鳥類每年的遷徙行為是一種根據趨性而有定向目標的例子，因為鳥羣會利用太陽做為羅盤，指引牠們到達遠在千里之外的特定地點。成熟的鮭魚溯溪而回到牠們出生的地方，然後產卵並死亡，則是另一個著名的例子，鮭魚能依循河流和湖泊氣味的改變(每一條河流都有特定的味道)，做為指引而到達出生之處。

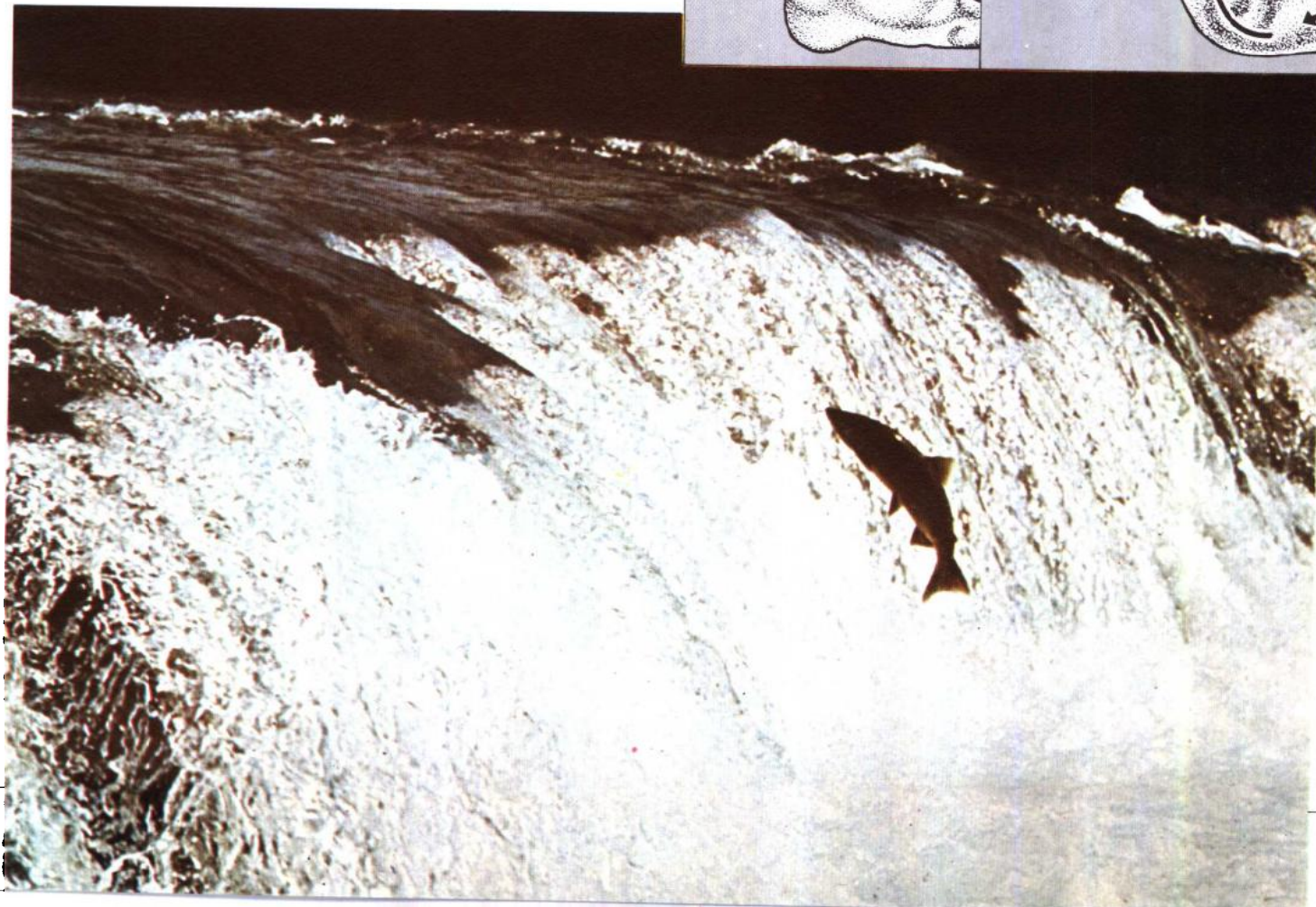
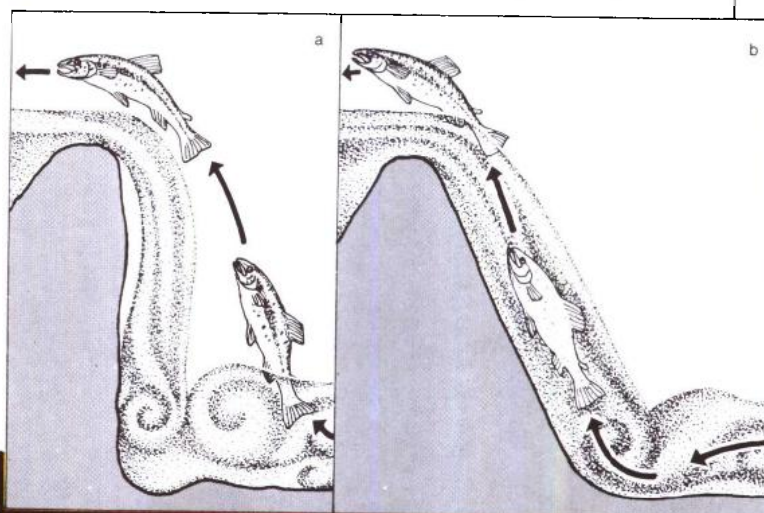


時間的定向

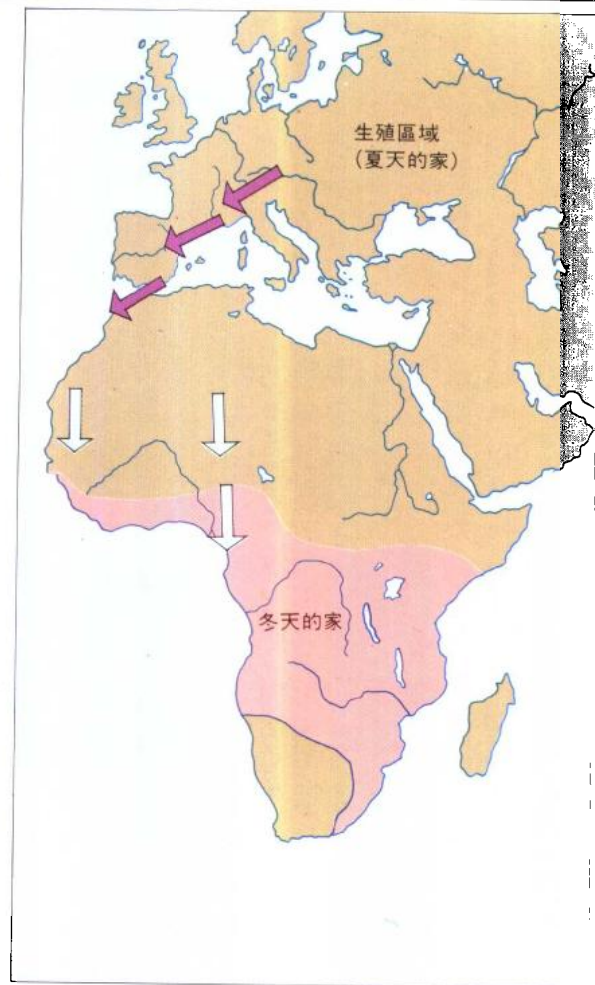
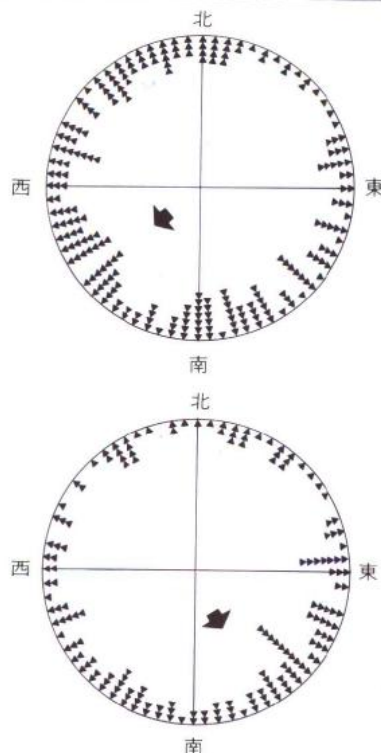
除了空間之外，動物也會隨著時間而有定向行為。動物體內的生物鐘是其根據太陽、月亮、季節和潮汐的變化而產生的週期，太陽運轉的變化形成 24 小時的週期，和一天之中光的出現有很大的關係，這其中的因素包括太陽光源的方向、強度和持續時間等。動物可以依據牠對光的綜合感覺，而判斷時間。光週期的變化，也被認為是決定許多哺乳動物生殖時間的起

上：圖中表示一條鯊魚如何感覺地球的磁場引力，而判斷方向。箭頭代表磁場，同心圓則是鯊魚如何利用感應電流來判斷方向。

右、下：鮭魚會溯溪而上，回到牠們產卵的地方，每一條小鮭魚都是在此孵化而成的。



右：這是連雀的遷徙路徑圖，下圖照片就是這種鳥類。牠們遷徙時，首先向西南的方向飛行，然後突然的轉向東南的方向飛行。



始因素。若我們將動物帶離開牠所習慣的居處，而置於另一地區，短時間內牠仍可遵行原有的生物週期，若新地區的氣候和其原始的環境沒有很大的差異，則牠會調整自己來適應新的環境。

刺激和反應之間的關係，也不一定都是固定的，這可能得視動物當時情況而定。譬如一隻大而已飽餐的野獸，並不一定會攻擊一隻容易欺負的小動物；在另一種情況下，這隻小動物對一隻飢餓的野獸而言，則是一頓美餐。定向是某一特定的時間和空間情形下，動物唯一的反應方式。當然，除非是很必需，動物也不一定得利用移動來作反應，意志所缺少的，可由精細的定向行為機制來補償。

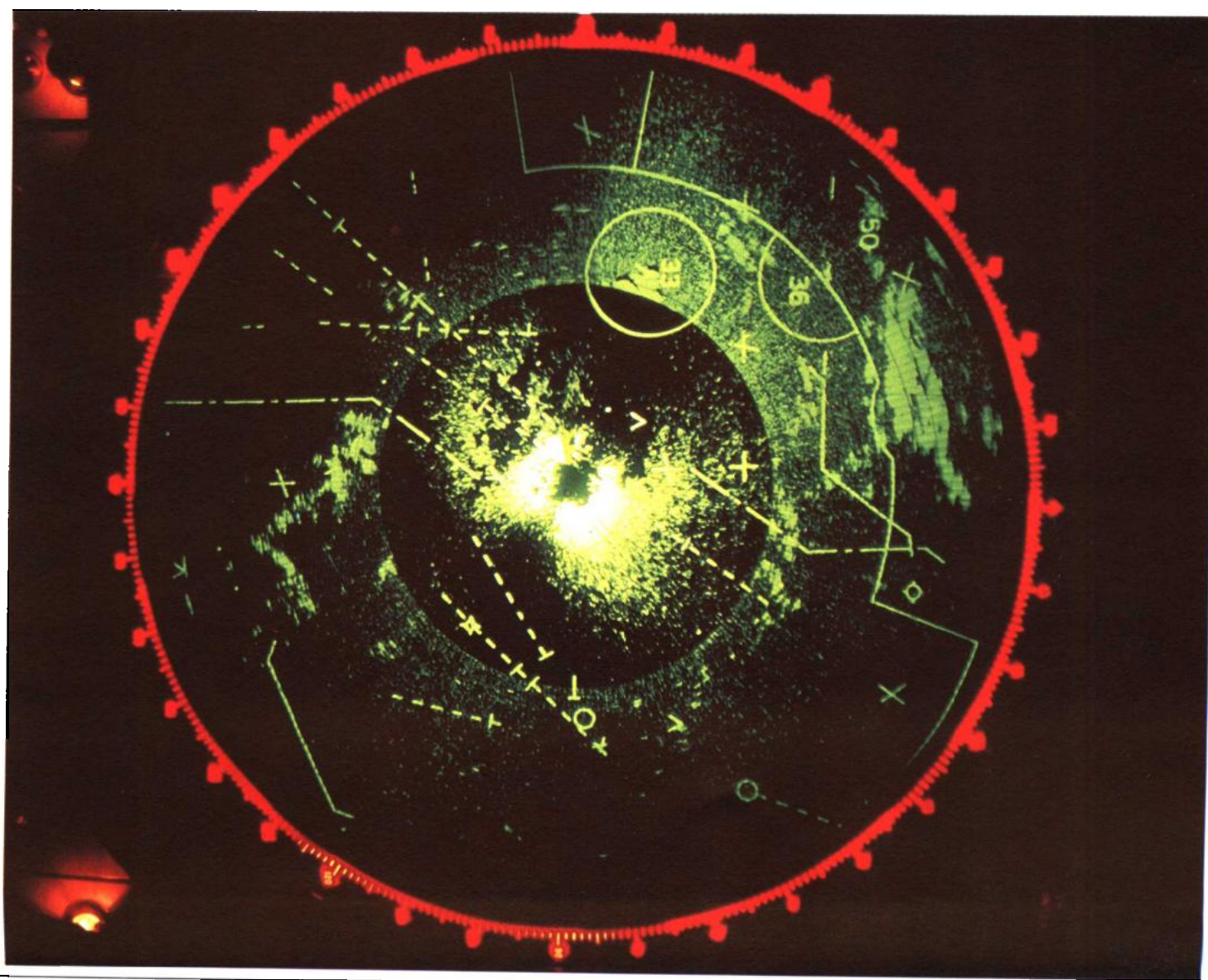
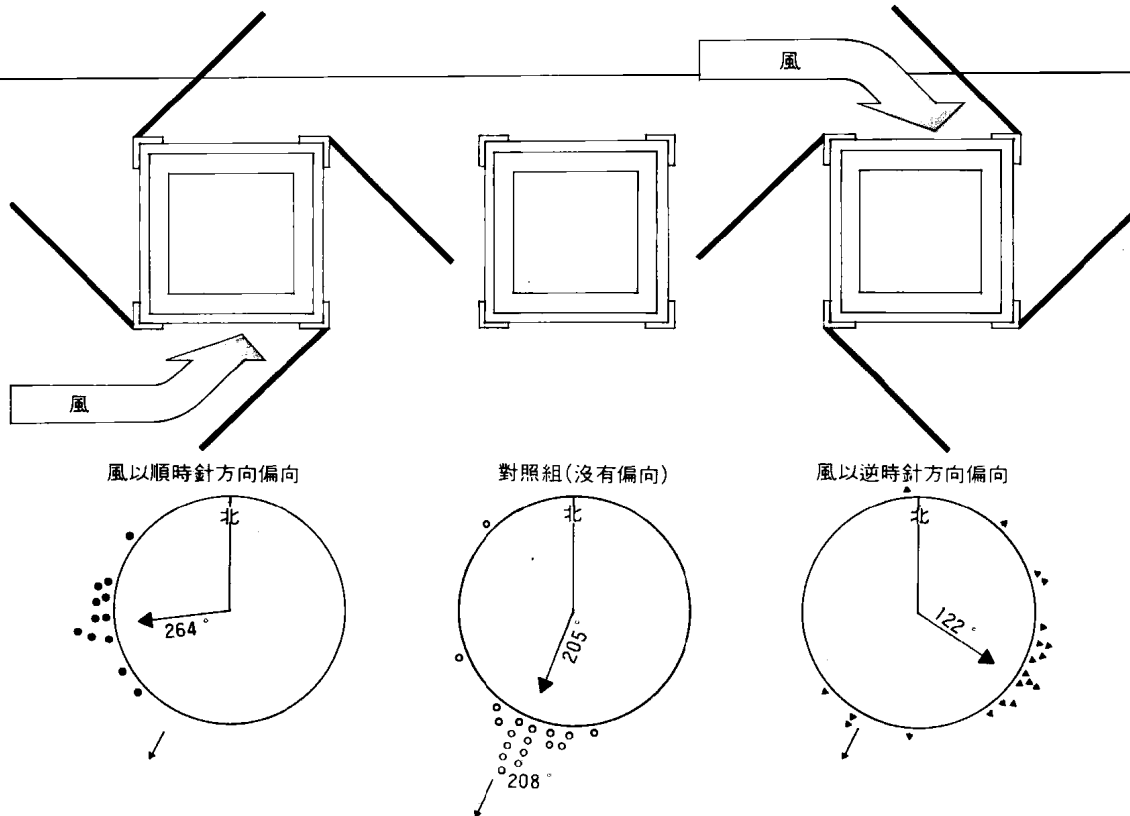
上：圖中的圓形圖表示，在連雀開始遷徙的初期，若將其捕捉放於實體室內，牠仍然朝西南方向飛行；而在遷徙後期所捕獲的連雀，則會朝東南方向飛行



許多種類的動物都能不藉任何指標，就可以辨認方向，不致迷失。遷徙的路徑是牠們綜合風和氣候情況所得到的知識，研判而得；而動物體內的生物鐘則告訴牠們什麼時候應該開始遷徙。這些能力和知識似乎都是動物體的遺傳天賦，較年輕的動物，不必跟隨年長的個體，即可自動獲得正確的遷徙路徑。

右：雷達掃描影幕上顯示一羣遷徙性麻雀的路徑。自然學家已增加雷達的利用，來計算遷徙性鳥類的速度及方向，並利用雷達估計遷徙性鳥類的數量。

返巢的鴿子似乎能利用氣味的辨認和風向的感覺，而飛返巢內。右：圖中表示當將偏風整流裝置放在鳥籠外的遮物前，實驗時將鳥放開任其活動，鴿子會因風向而改變方向。圖中的點代表飛行中的鴿子所在的位置。



岩石 Rock

岩石，特別是堅硬的岩石，似乎永不改變。實際上，所有的岩石背後都有一段歷史，而它們的故事也仍未結束。

宇宙中最古老的岩石

當我們的太陽系形成之初，星雲乃由冰所組成。小的岩礫、砂狀石礫甚至巨礫集結在一起形成行星及它們的衛星。這些石礫因重力而結合在一起。大約 46 億年

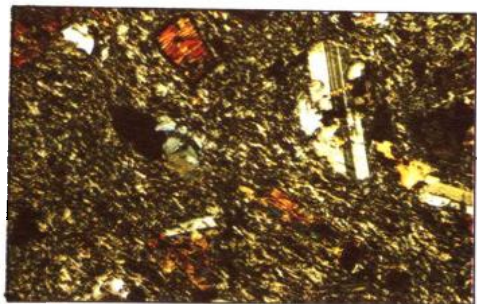
前，地球還很小但一直在成長，因為它掃捲太空中的隕石，甚至今日它仍在掃捲岩屑；每天約近 20 萬噸的隕石塵落在地球上。

岩石類別

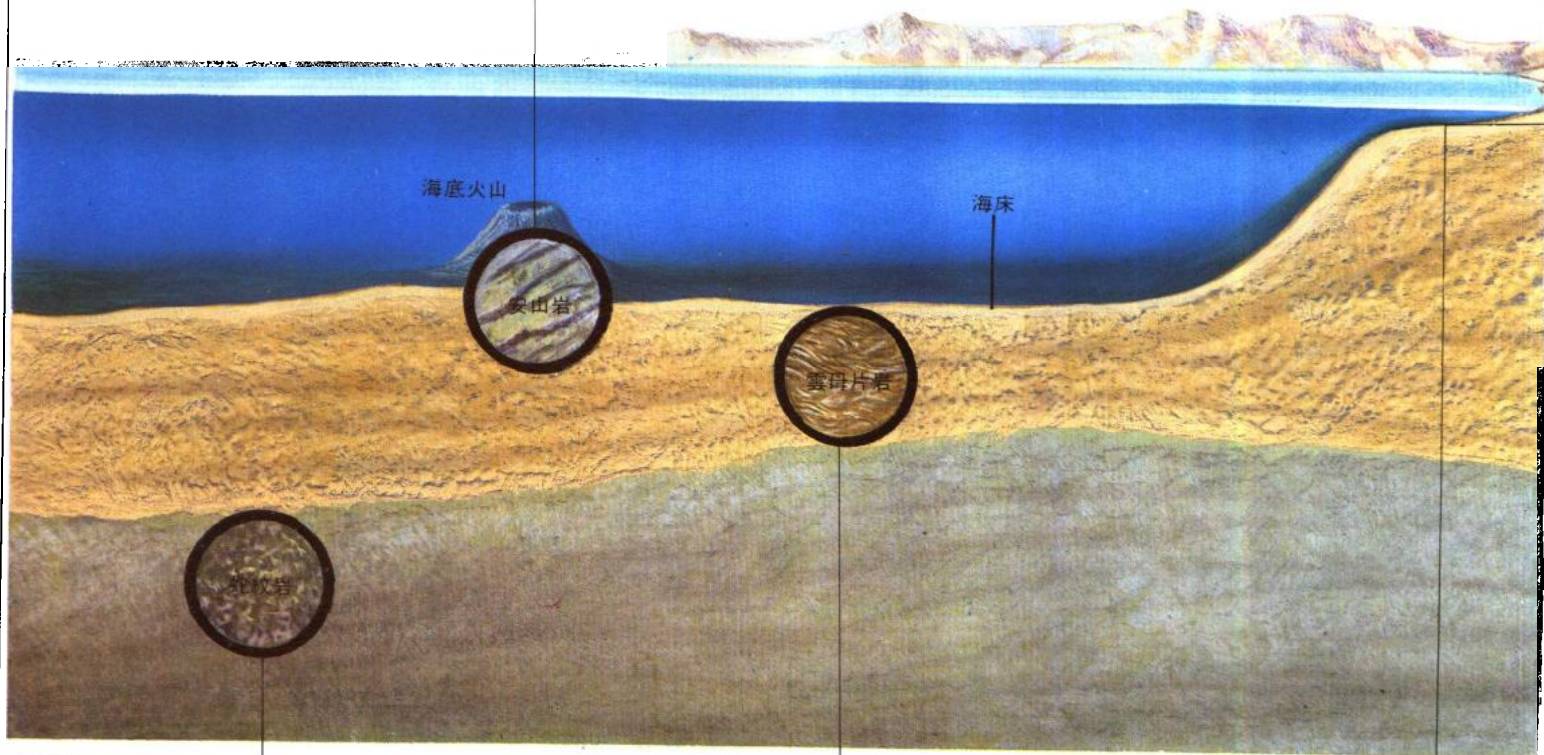
岩石可區分成三類。火成岩曾完全被熔融，最常見的是花崗岩。冷凝的火山岩流也是火成的，並有很多其他種類。

沉積岩(sedimentary rock)的形成是河流從山上冲刷而下，帶走礫石、砂及泥，然後呈層狀沉積；這些沉積物結集後石化變硬成岩石。

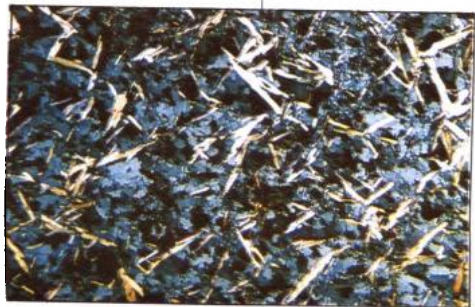
變質岩(metamorphic rock)為經壓力或熱劇烈改變過的火成岩或沉積岩。變質作用將花崗岩變更為片麻岩，石灰岩變更為大理石，砂岩變更為片岩，以及頁岩變更為板岩。至今所發現最古老的岩石近40億



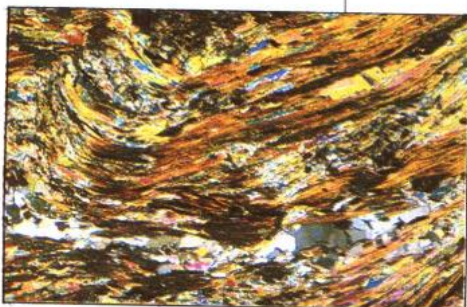
安山岩



蛇紋岩



雲母片岩



透閃石



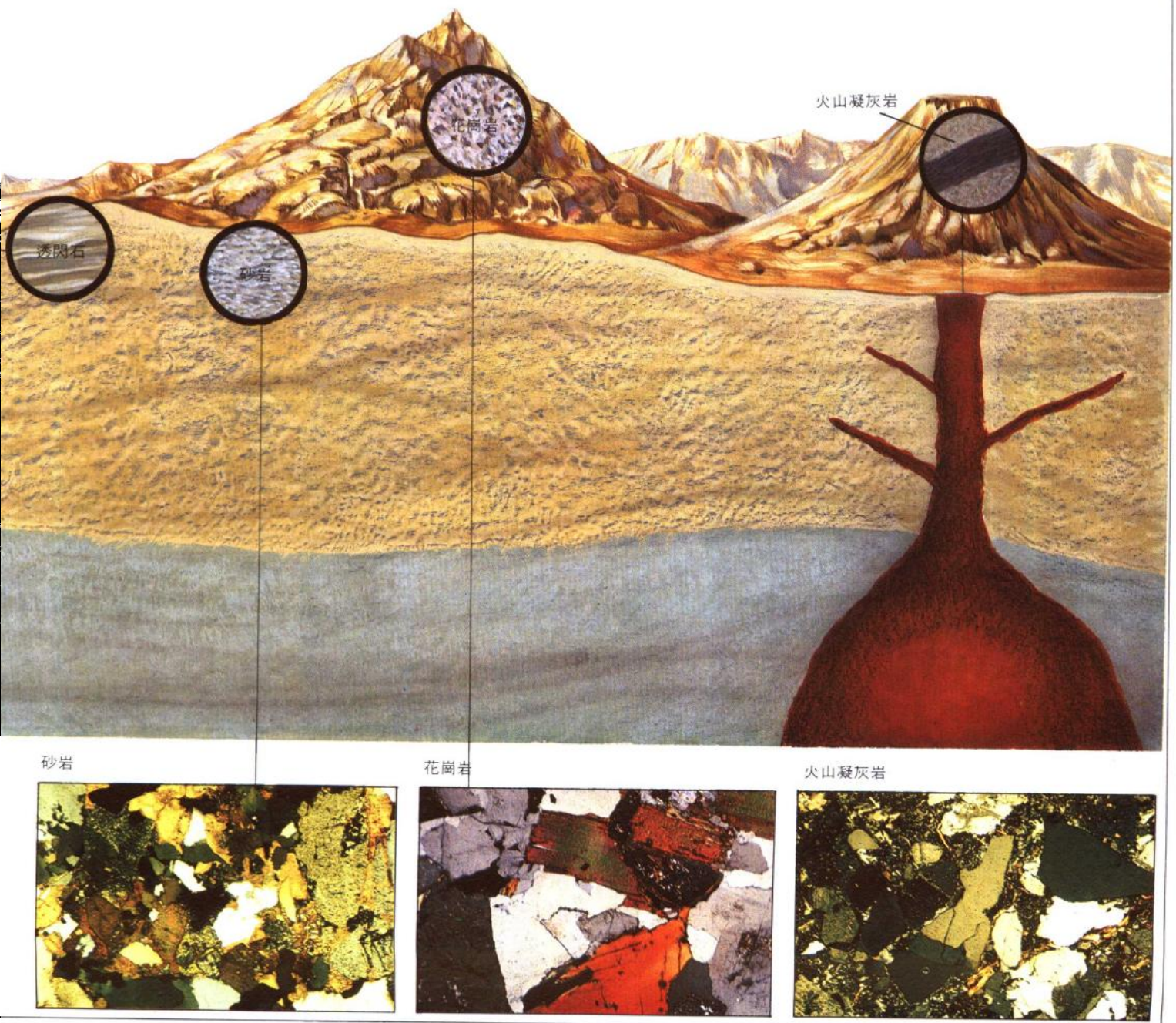
年前且全經變質過。這表示在早期的地球上曾發生過劇烈的變動，但我們對那時所發生的事了解甚少。

岩石的地質循環

一座花崗岩山脈可因侵蝕而被磨損，直至砂礫形成。這些砂礫被沖刷至海濱，然後被更多的沉積物所覆蓋。若被埋於地底深處，將變成砂岩。若溫度增高，特別是

在足夠的壓力下，頁岩可變成片岩。當地殼變動或被侵蝕時，片岩可再度露出於地表並被磨蝕。來自片岩中的細小泥質石礫變硬後可成另一種沉積岩、頁岩。頁岩又可被深埋於地下，加熱直至熔解。當它冷凝時，可形成花崗岩。如此一個循環可能要花數千萬年才完成，但在這段時間岩石的本質大多相同——僅其物質外表顯著地改變。

下：不同岩類成因的地質觀。例如，火成岩是由火山作用所形成，而沉積岩是由被水或風傳運的礦物質沉積而成。變質岩——處於高壓或高溫因而變質的火成岩或沉積岩——在大陸板塊相接觸之處形成。



岩石切割 Stonecutting

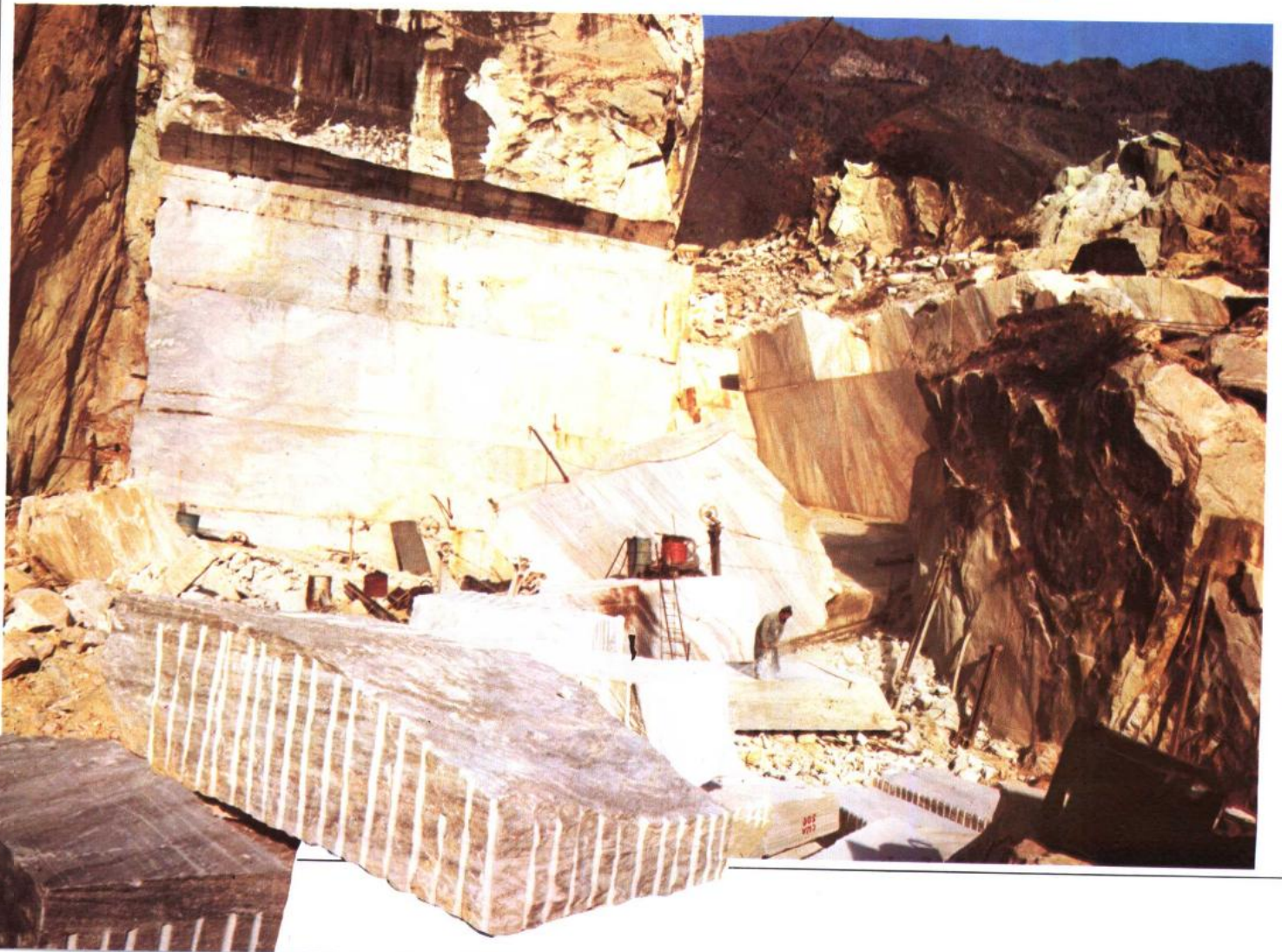
當我們看到由巨石石柱(Stonehenge)的巨石，建造成雄偉壯觀的埃及金字塔，或是在青蔥草原上看到蜿蜒的低矮石牆，甚至在許許多多的墓地裏用來標示死者的墓碑，在在都有一共同點——就是它們均需由石匠裁修石塊後才能使用。當巨大石塊剛由採石場(quarry)運出，多呈不規則形狀且表面粗糙破裂。石匠的工作就是將這些粗糙的石塊整形成直角的水泥工用石塊、圓形刻有凹槽的石柱或墓碑。雖然雕刻家可將一塊大理石或花崗石雕成他所希望的任何形式，但是石工却須依下列三種基本方式來運用他的技巧：規格石材(dimension stone)須切割成特定的尺碼和形狀；毛石(rubble)或「方石」(ashlar stone)通常僅有一面被切平；切割的石頭也可壓成碎塊，並與他物混合。

規格石材

規格石材，或建築石材是從堅硬岩石如花崗石、大理石及石灰岩(limestone)切割而來，不含礦物雜質。這些雜質會使暴



本兩頁圖片所示為大理石及花崗岩建材的採掘及成品狀況。於右下角的研磨器是用以壓碎採掘之石灰岩，作為混凝土骨材。更多研磨成細粉狀的石灰岩被廣泛地用於工業中。



露於惡劣氣候或空氣污染物中的石材面損毀。規格石材在採石場中被切成大的石塊，然後再分成或裁修成建築師或建築商所要求的大小與形狀；例如堅硬的板岩可分成薄岩板，用來鋪設內院及走道。

在石材場，石材被各類電鋸及插梢(如下圖)所裁修。用來做多片裁截的電鋸組為一巨框，附上一排長度介於15~25公分的鋸片。極硬的石塊由圓形電鋸來切割，其鋸片邊緣佈滿鑽石片。一旦石塊被

光甚為調和，因此很多新修築的屋宇均以方石為面，使具古老的鄉村景象。

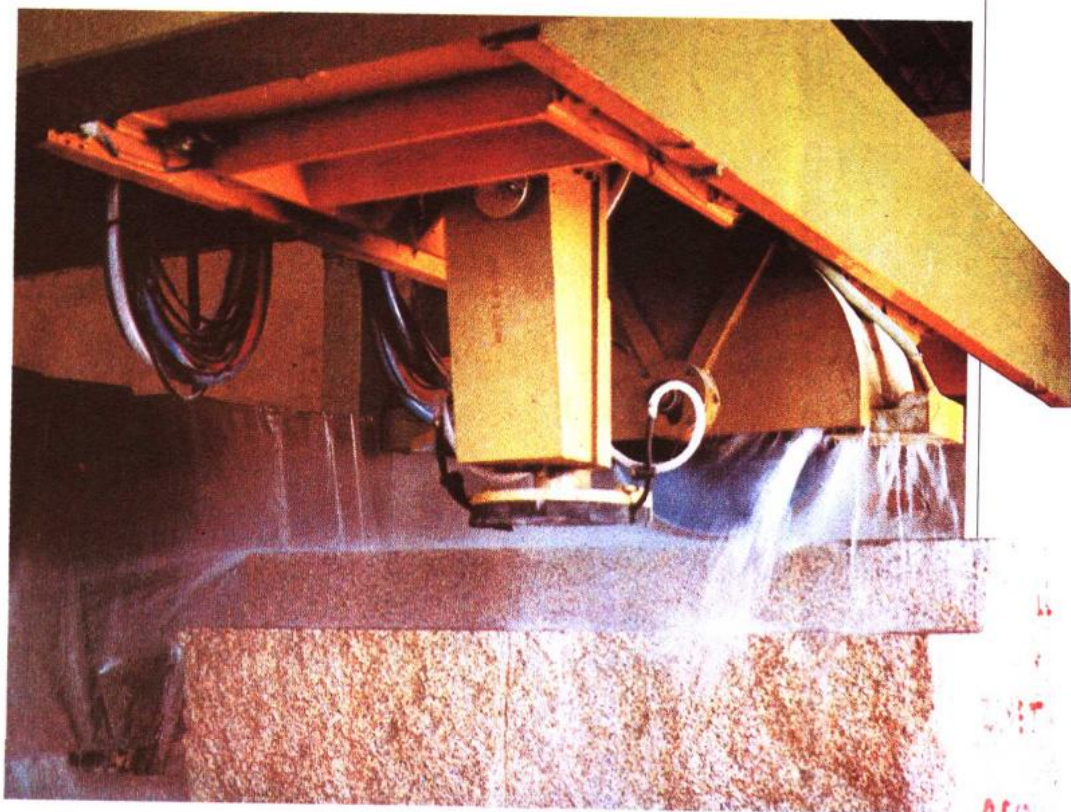
毛石

未經仔細切割及刻飾的石材可壓碎成大小為1~8公分的毛石或碎石。

現今大多數採掘的石頭多被壓碎為建築石材而非切割成規格石材。最佳的石頭是沒有雜質並易加壓破碎。大約百分之七十五的碎石為石灰岩，此種岩石廣泛用於各

種現代產品中；如混凝土，其中碎石的作用是增加水泥凝結物的堅硬度。

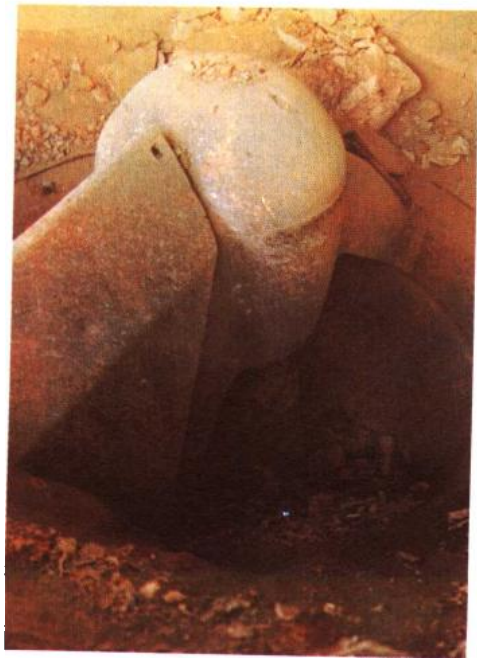
磨成粉狀的石灰岩被用在顏料、玻璃、塑膠及紙的製作中，粉狀石灰岩甚至被用作牙膏及灰泥中的白色素。石灰岩在窯內受高溫加熱後轉變成石灰，此時二氧化碳自碳酸鈣內逸出(石灰岩中鈣質混合物的化學特性)，剩下氧化鈣成石灰，可用製作灰泥及波特蘭水泥。(Portland cement)；石灰也可用於中和土壤的過量



切成適當的大小或形狀後，石匠再用鑿子及手斧予以加工修飾。一條沿石面邊緣所刻的線表示終邊，邊緣石塊切除後可得一直邊直角的石塊。石面可藉淺刻圖紋予以增大。借助樣板及斜角器，石匠在石面上「刻飾」(於岩面上刻畫平行凹槽)，或以尖銳鑿子刻畫精細圖案藉以「誇示」岩塊。若完工的石面具深刻圖案，稱為粗鑿石；若屬淺紋刻飾，則稱細鑿石。

方石

建築用方石或毛石運到石材場時，石塊體積大且呈不規則形狀，大小平均約在30公分高，60公分寬。若岩面須能容易地敷上水泥，則將其平滑地切除。用做方石的「畫面石塊」，其自然粗糙性與田園風



酸性、改良水質，以及污物處理及石油加工。石灰岩碎塊在住宅中成為磨石地板、灰泥牆及家禽食用的粗砂石(家禽的消化系統中需一些研磨物以彌補它們所缺少的牙齒)。

岩石圈 Lithosphere

雖然人類已開發了海洋和陸地，甚至遠至登陸月球，却很少有人能深掘進入地球內部。最深的鑽深達 3840 公尺。在地表下的鑽探深度已超過 9.7 公里。人類似乎難以了解地球內部，更難以掘一隧道穿過地球。在如此深度下的高壓及高熱，使任何物質都難以挺得住。

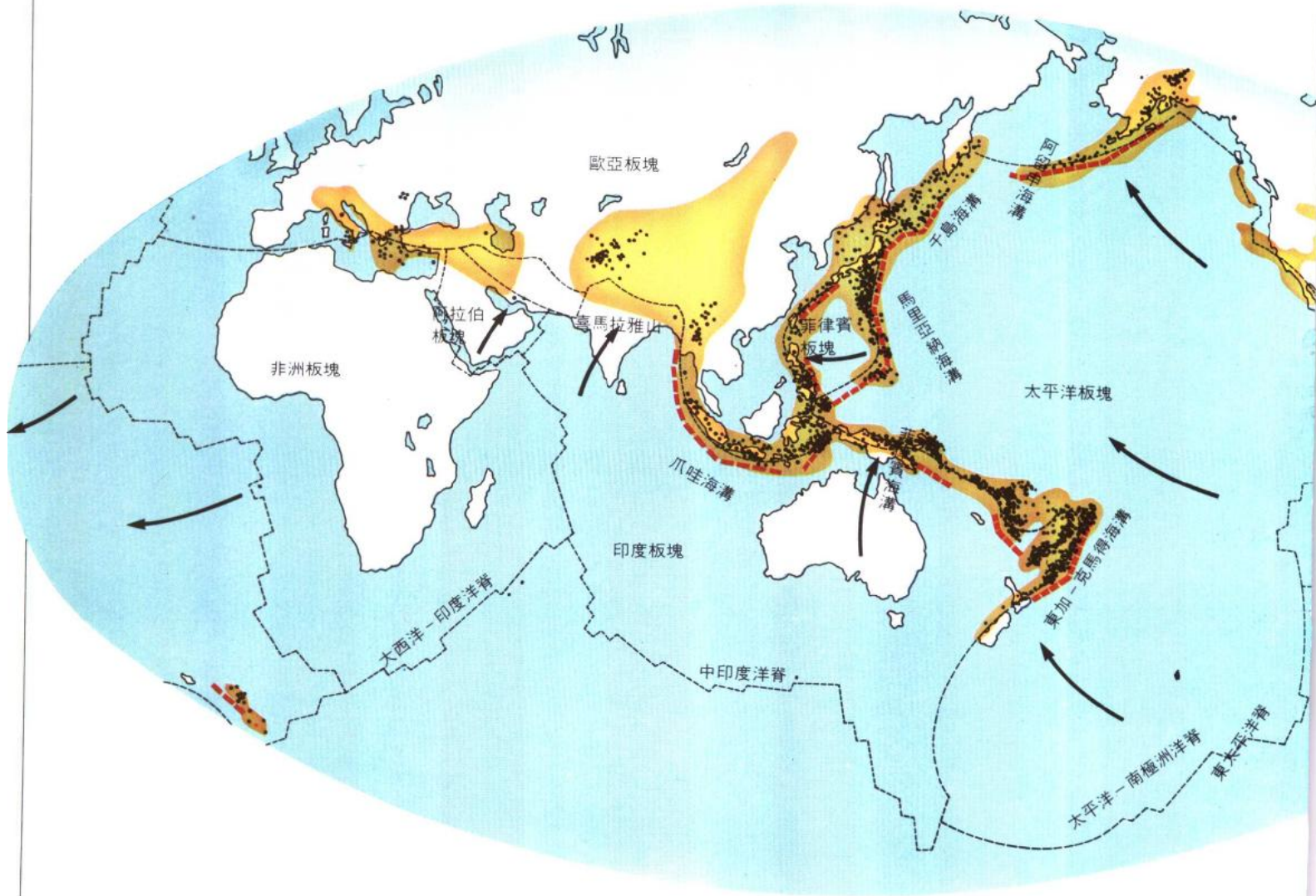
側的 160 公里部分。

地核

當然地球最難以接近的部分是它的中心。它在地表下 6380 公里處，位於直徑為 3500 公里的地核(the core of the earth)中。

形的。專家們相信熔融的地核還包含了一個較小的固態地核，直徑為 1255 公里。

研究顯示整個地球的密度是 5.5。這個值相當高——約是太陽的 4 倍。想想看近地表部分岩石的平均密度為 2.8，唯一能解釋地球高密度值的方式是假想熔融的地核(及其固態地核)主要由鐵及一些鎳所組



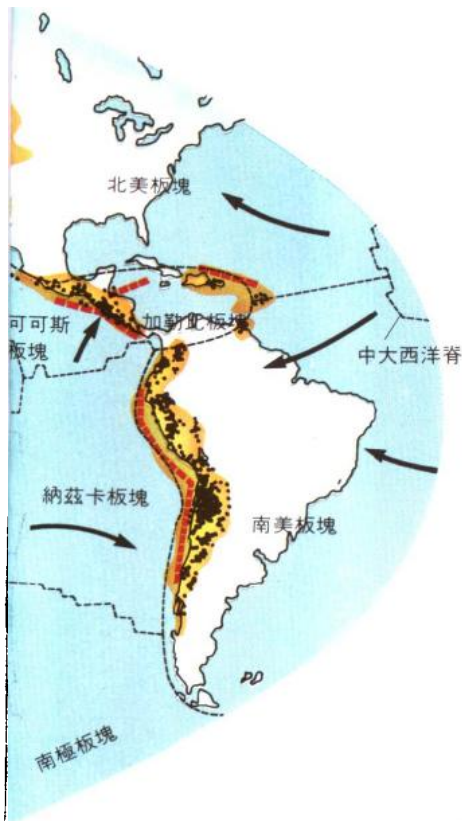
基於種種理由，科學家對地球內部甚為好奇。因為這些知識將使他們不但能了解富礦、儲油層及其他有價物質的成因，也能了解造成地震的移動、大陸漂移的方式、火山的噴發及形成地球磁場的結構等等。這就是說要研究岩石圈——研究地球外表岩石部分的化學性質(實際上即研究除了大氣及海洋、湖泊及河流中的水以外所有地表事物)。岩石圈相當於地殼最外

有些發生在地表下僅數公里的地震，其強烈程度使震波實際上能完全傳達到整個地球。「凝聽」這些震波，科學家對地球深部的了解初具端倪。吾人已知震波經不同的岩石物質、固體及液體，其傳播情形多不相同。譬如說某些形式的波不能穿越液體。於是在某些條件下，它們的不存在顯示部分地核必定是熔融狀態或液態。不僅如此，波的結構和形態也顯示地核是圓球

成。藉著大部分是由鐵、鎳組成之隕石的研究，更加確認了這個理論。隕石可能原生於行星內部深處，而行星在數百萬年前破碎。

地殼是由互作相對移動的板塊或地盾所組成。左頁世界地圖中，顯示構造板塊及其移動的方向（以箭頭表示）。

右：加州聖安第斯斷層，由兩大陸板塊滑移接觸所成。當兩構造板塊的邊緣相接觸時，其中一板塊被推擠在另一板塊之下，同時形成一長條形傾斜山脊。地殼被擠壓在下側的部分與其下的地函合併。在海洋下，大陸板塊移開，同時新的地殼形成。這些在圖上以點線表示的地區，地震甚為頻繁。



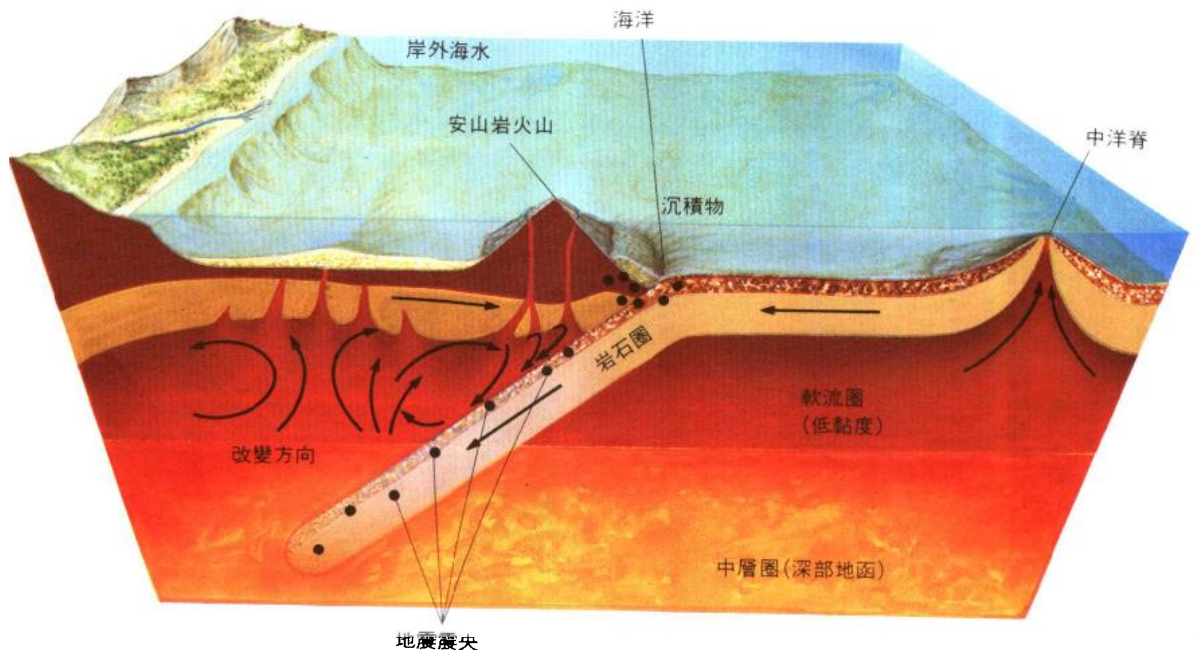
地函

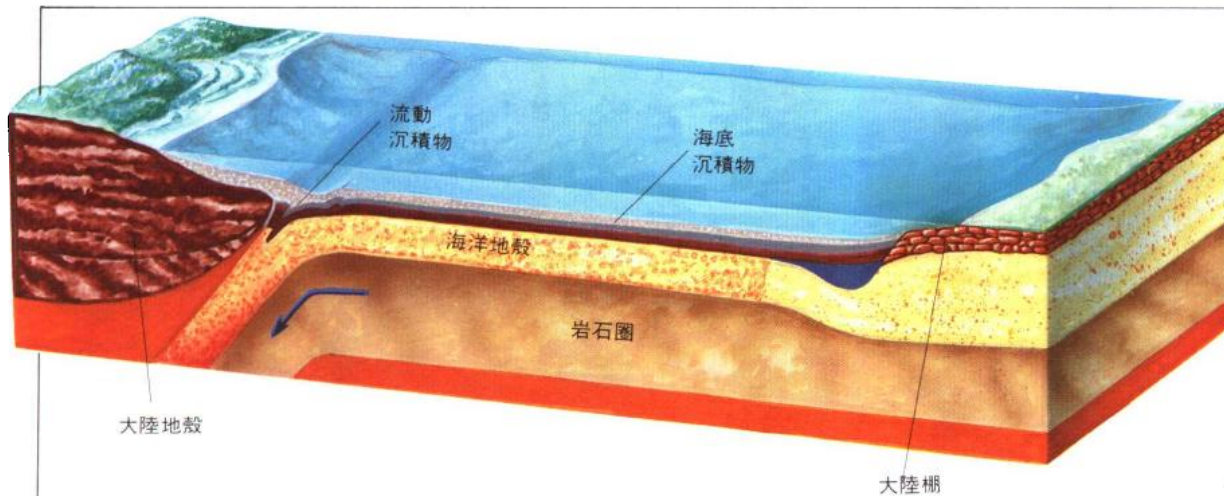
緊靠地核之上即為地函(the mantle of the earth)，約有 2900 公里厚。奇怪的是人們對它的了解要比對地核來得更少；儘管一些像來自地函的岩石這麼具體的證據出現在地表上，這確實是如此。鑽石(diamond)多在管狀礦脈中發現，這些管狀礦脈青色黏土的樹根狀結構延伸至地下深處。因鑽石只能在高溫高壓下形成，一

些地質學家認為管狀礦脈可能深入地下 40 公里以上，這正是地函上部的位置。一些火山的熔岩流也可能來自地函。

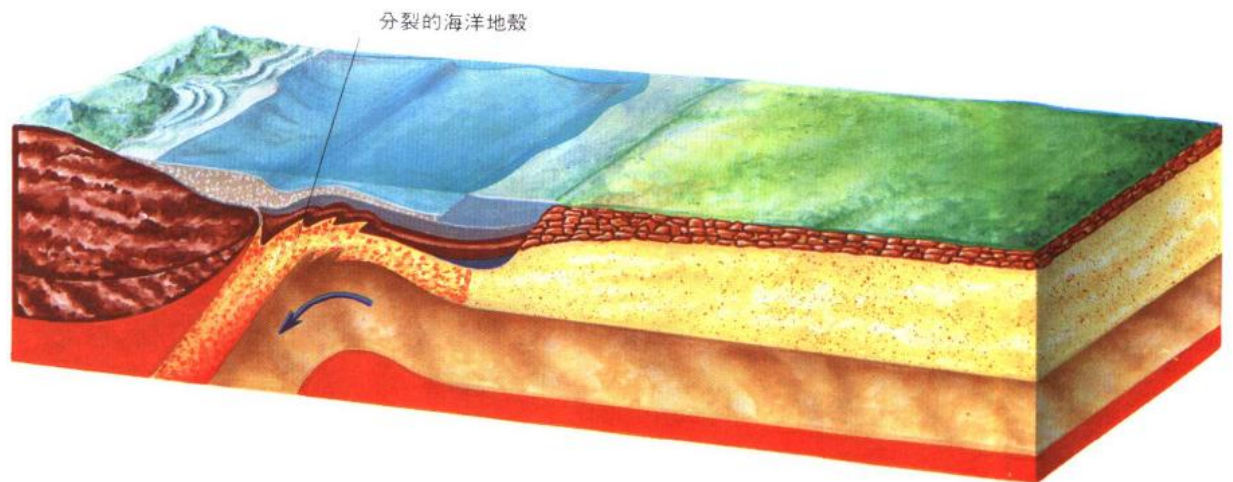
根據鑽石管狀礦脈、少數稀有之火山與特別是人為爆破所產生的地震及震波所得之證據，科學家相信地函主要由橄欖石(olivine)組成。此種礦物含有鎂、鐵、矽及氧，是化學成分為 $(Mg, Fe)_2SiO_4$ 的一種矽酸鹽。它常呈綠色，但也可能呈灰色

右：圖中顯示當兩構造板塊衝撞時，其中一大陸板塊邊緣如何被深逼入地球中。這使得接觸帶極不穩定，也同時造成海底火山活動。





當兩相向移動的大陸板塊最後接觸時，碰撞在長時期中釋出巨大的力量。本頁的圖中說明此一衝撞。在印度大陸板塊向北逐漸移動了大約2億年後，它與歐亞板塊相接觸。
左、下：圖中顯示大陸板塊一緣的初期接觸及逼壓向下。



或褐色，並具玻璃光澤。地函的平均密度為3.9，而橄欖石的平均密度為3.4，這顯示地函內可能有較橄欖石成分中更多的鐵及鎂。

有趣的是，橄欖石常在各種隕石中發現；更為此種礦物是地函中最常有的物質之一的理論，憑添新證。橄欖石也常在曾一度熔融但現已冷凝堅硬的火成岩中發現，如火山熔岩及玄武岩。它多半發現於矽質稀少的火成岩中。此種火成岩一般均較地表的大多數岩石為重。

據知地函比地殼含較少的放射性元素。如果地函含同樣多(或更多)的放射性元素，其衰變早已加熱地函，使其有一較目前更高的溫度；並且如果地函溫度更高，火山作用將會更顯著。

地殼

地殼(the crust of the earth)包括地表的岩層和大陸下40公里深度範圍內，及地殼較薄的海洋下8公里深度範圍內的岩層。地震波的實驗顯示介於地殼和地函間有一不連續面。當震波通過這層不連續面時，震波的形式與在地殼或地函中不同。

地震波及一些由強烈爆炸所產生的人為震波都顯示地殼上部可能多由花崗岩組成，因為所產生的震波形式恰如它們通過花崗岩的情形一樣。在更深的地方，震波顯示地殼乃由玄武岩組成。因花崗岩的密度較玄武岩為小，主要是花崗岩的大陸似乎是浮在玄武岩之上。這些玄武岩也能在海洋底部找到。

就化學的成分來說，地殼主要是由氧

(46.60%)及矽(27.72%)組成。雖然在地殼中有100種以上的元素，僅這兩種元素就佔所有元素的74.32%。其次一種最普遍的元素，依序是鋁，8.13%；鐵，5.00%；鈣，3.63%；鈉，2.83%；鉀，2.59%及鎂，2.09%。上列8種元素組成地殼98.59%。地表上或地殼中絕大部分的岩石是由這些元素組成。

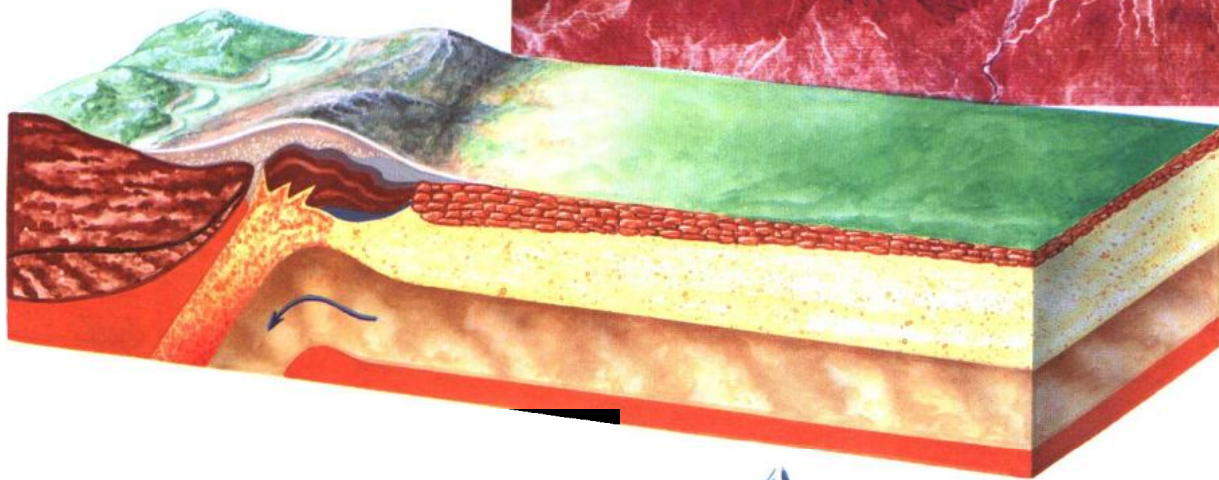
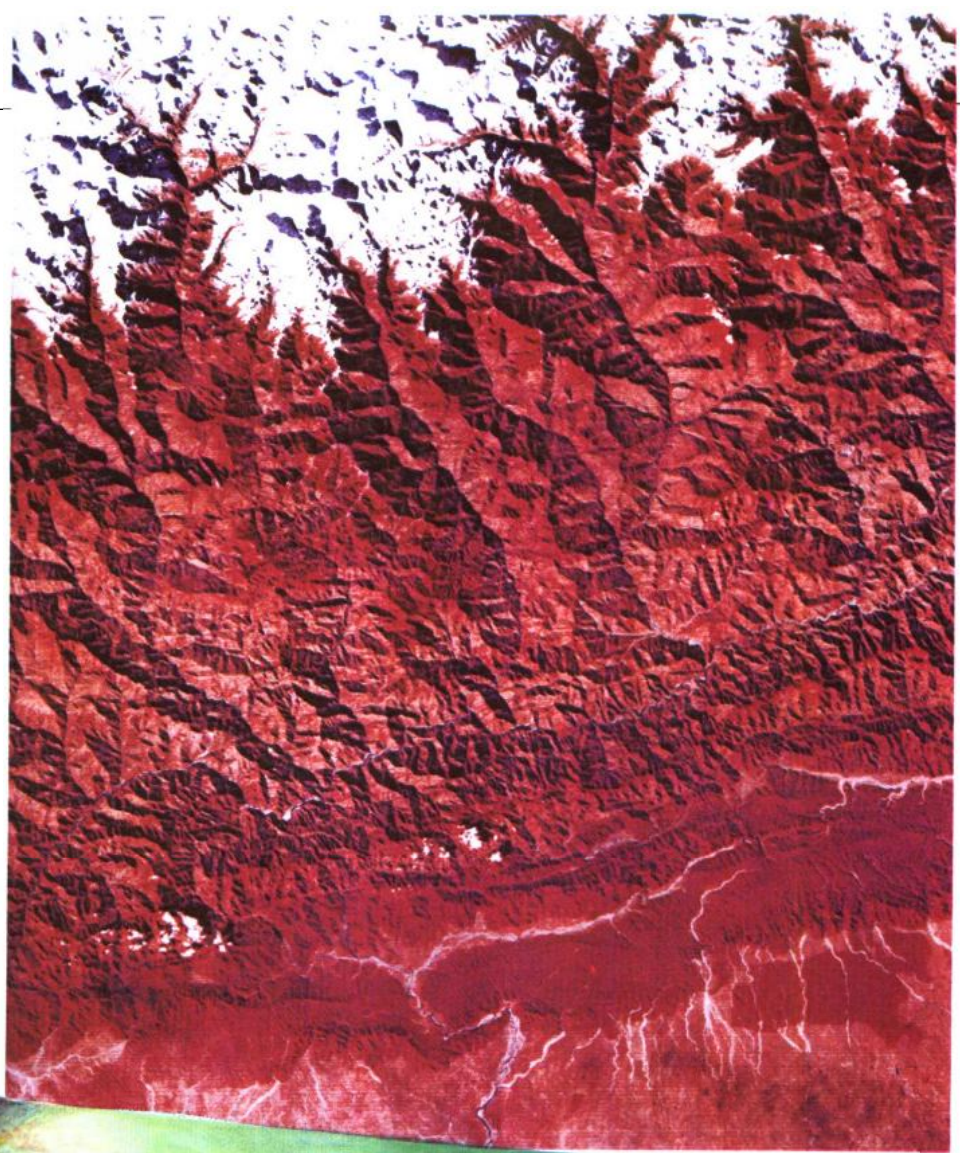
主要的化學過程

地表上的化學作用要較任何其他地方來得多。地表暴露於大氣中受氧化作用，雨水及河流侵蝕並藉化學作用改變地貌。像甲殼類一些生物的外殼或內骨沉積後變成石灰岩。火山噴向空中的腐蝕性化學物質造成許多岩石中的改變。

仔細的實驗顯示沉積岩中含有比地球上任何他種岩類較高百分比的碳、氧、氮、硫及硼。其原因是沉積岩形成之時即保持冷凝。熱會驅走這些元素，但它不存在，所以這些元素仍能保存於沉積岩中。

當變質岩形成時，它們驅離某些元素。水、二氧化碳、甲烷及氧化硫均在變質過程中被逐出。另一方面，鈉（在此情況下常與氯結合為鹽）、鉀、鈣及鎂通常在變質岩中比在沉積岩中更容易發現。

當溫度在攝氏 600 度以上時，岩石開始熔融，其間各種不同的化學過程也開始發生。火成岩就是這種曾被熔融的岩石，並常含複雜的矽酸鹽如長石、雲母、輝石及角閃石。這些矽酸鹽常含有鋁、鐵、鉀及鎂。



上、右：印度及歐亞構造板塊進一步的衝撞階段。其中一板塊地殼破碎並在極大壓力下被推擠向上，形成喜馬拉雅山脈。

最上：喜馬拉雅山的衛星圖，顯示兩大陸板塊間的接觸點（圖中央右下方）。



岩相學 Petrography

研究一座山最佳的方法之一，是在顯微鏡下觀察其組成之岩石。分析一塊岩石的細微構造比其他方法更能顯現山脈的構造。

岩石學、岩相學及礦物學

岩相學為研究岩石自然歷史的岩石學 (petrology) 的一門分支。岩石學家要了解的是岩石的成因及其歸屬於何種地質區域。它們的化學性、特質及分類都是興趣之所在。然而那些研究並應用岩相學的人更為精細地觀察各個岩石，並以最小最顯微的特性來分析它們。

礦物學家與岩相學家關係緊密，但是他們對礦物要比對岩石更感興趣。其間差異甚大。礦物為化學混合物，具化學結構，岩石却由礦物組成。岩石學家研究岩石的岩性、岩體的幾何形態及大規模構造。另一方面岩相學家常在顯微鏡下研究小的岩石標本，提供野外地質學家能進一步了解岩石區域的特性資料，不論這些岩石標本僅是少許岩石或整座山脈的露頭。一般地質學家，雖然也對岩石感興趣，但對塑造地球的作用力更具興趣，譬如侵蝕和板塊

構造(經漫長的一段時間使大陸漂移)。

岩相學的工具

大部分岩相學家的工作都包括利用光學及地球化學方法來進行礦物岩石的鑑定和分類，這些方法包括切割岩石來做薄片研究或將岩石研磨成粉狀，以進行化學實驗室中的分析。

除了像雲母及鑽石外，通常我們認為岩石是不透明的，然而切割成薄片的岩石却呈透明。現有的技術可將岩石切割成薄約 0.00254 公分，使光線穿透，如此它們就能在常光或更常使用的偏光顯微鏡下被研究分析(偏光乃光線沿某一方向振動，以使沿此方向的改變作為計量標準)。它們也能用 X 光進行研析。

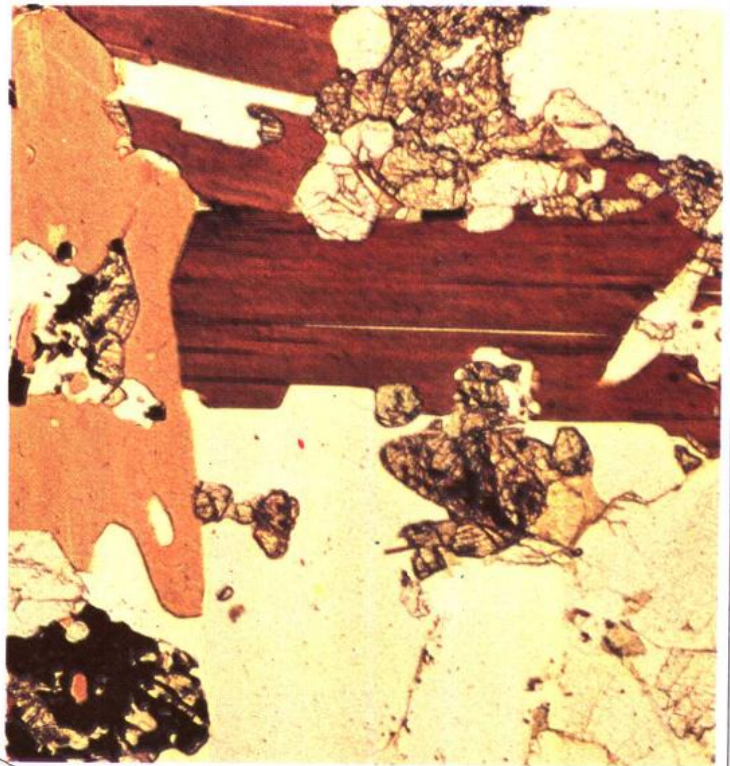
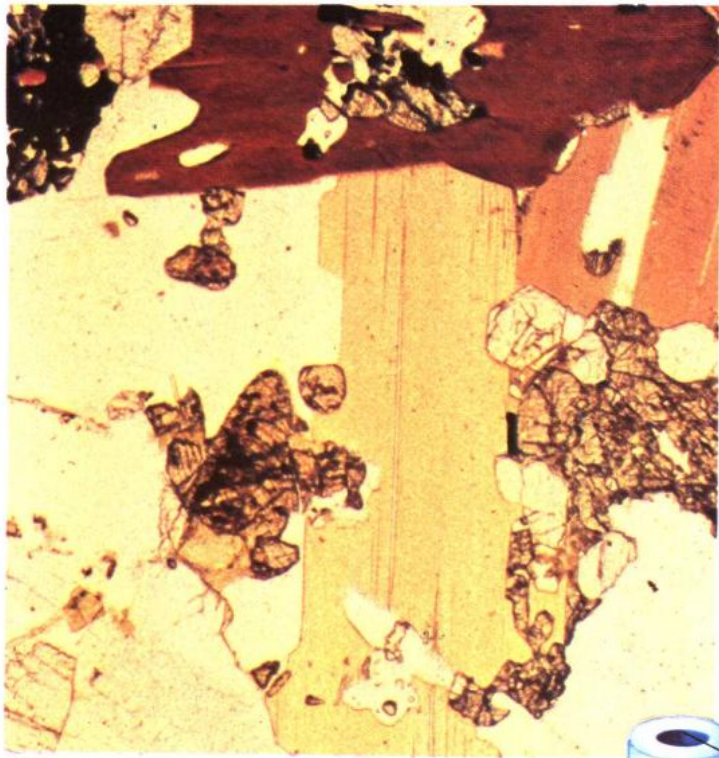
在偏光顯微鏡下觀察的岩石甚為美麗。對科學家來說，最重要的一個事實是它們的顏色常顯示岩石中礦物的特性。礦物常呈結晶體，會依個別的分佈結構折射及反射光線。分子的此種排列稱為格子。在一混合物中每一分子排列是獨有的，並可依此做礦物鑑定，很像指紋被用來鑑定各人一樣。

岩石粉末

研磨成細粉狀的礦物亦能用顯微鏡來做鑑定。這些細粉被加入到已知光學性質的透明液體中，穿過此液體的光線被歪曲或折射，折射角能被準確地估計出。粉狀礦物被加入後，其晶體構造會改變折射角。這個折射角很容易地被用來與原液體的折射角相比。因為礦物晶體能以精確及獨特的方式來折射光線，所以礦物能被迅速地鑑定出來。

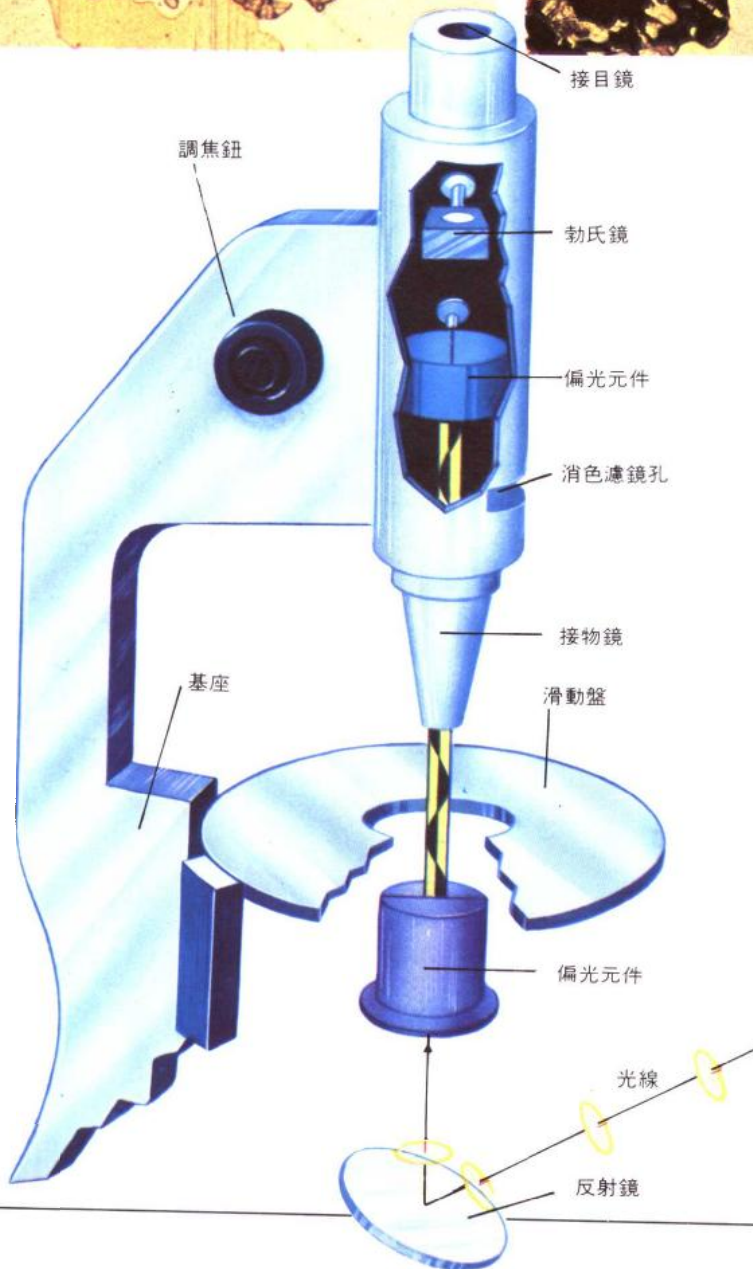
下：岩石的各種可能結晶狀態：(1)無結晶形的流體岩漿；(2)冷凝時，具高熔點的物質結晶；(3)繼續冷凝，具低熔點的物質結晶；(4)較重晶體沉至標本底部；(5)最後的冷凝過程中，完成結晶；(6)經化學作用次生晶體嵌入標本下部；(7)長晶體的交代作用；(8)壓力現象下造成的變態。





右：表示礦物顯微鏡主要部分的剖面圖。此儀器被用來以偏光檢驗岩石標本薄片。偏光使結晶構造益顯著。

上：不同的偏光效果協助鑑定特定的礦物，如黑雲母（雲母的一種）標本所示。根據在偏光下所顯示的黑雲母結晶構造方位，礦物帶會出現黃色（左）或是深褐色（右）。



另一方法為利用比重來鑑定微小礦物。這些礦物顆粒由於太小而無法順利地用秤來量。比重為一礦物的密度與水的密度之比值。一個比重為 1.00 的礦物，其稠密度與水相同。一個比重為 3.00 的礦物，其稠密度為水之 3 倍，依此類推。為測試一微小礦物顆粒，它被置放在一系列的液體中。譬如說，礦物顆粒可置放在二碘甲烷（比重 3.32）及溴仿（比重 2.86）中。若它浮在二碘甲烷中却沈於溴仿中，它的比重必定介於 2.86 與 3.32 之間。把礦物顆粒放置在已知比重的不同液體中，則測出的比重值可在非常小的範圍內。岩相學家常藉此法來鑑定一個礦物。

經由此法，岩相學家協助地質學揭示岩層的歷史及特質。這門知識的適用範圍從協助指出一個財政上能維持之處來進行礦區研究，到發現那一種環境適合某種生命形式的存在，而這些生命形式在地質演化中的某一時期曾主宰這一地區。

岩洞 Cave

岩洞形成一個它們自己的地底世界。世上每一個大洲及主要的島嶼上都有它們的踪跡，甚至在海裏亦然。一門已在發展中的科學，岩洞學(speleology)，就是在研究岩洞。它已有數門分支並將繼續增加。研究這門科學的探究者稱為岩洞學家。他們終其一生在發掘及探究更多的岩洞，並研究其成因。有些岩洞規模甚大，像美國肯塔基州的巨象岩洞(Mammoth Cave)，被探索的部分已經有250公里之長。

雷雨和噴發

岩洞學是一門相當新的科學。在十八世紀以前，岩洞被認為是神秘奇幻的地方，無人敢進入探險。一般都認為岩洞是在雷雨中或火山爆發時生成的。但好奇心終於克服了恐懼；少數學者開始探究岩洞，希望能發現歷史的遺跡。隨著發現了早期人類及冰河時期動物石化遺跡，探究的範圍更加廣泛；許多理論相繼提出，說明它們

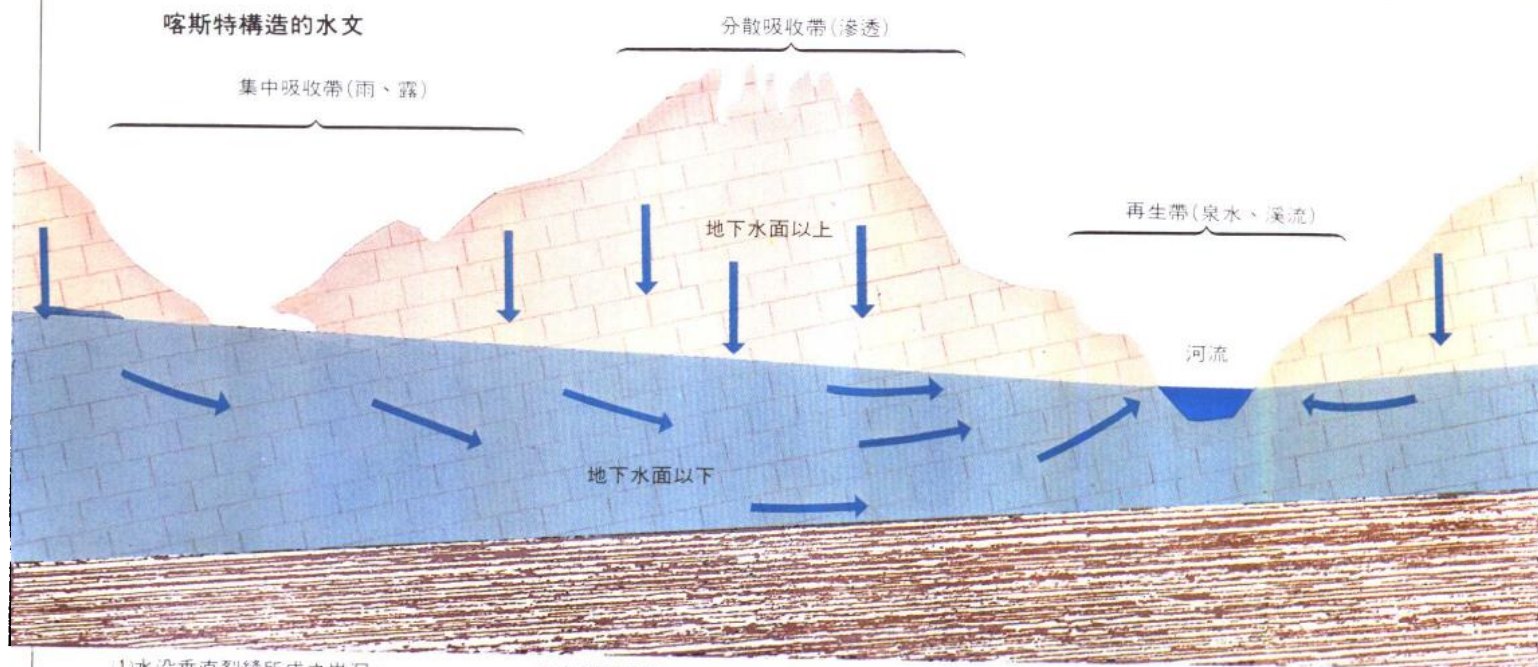
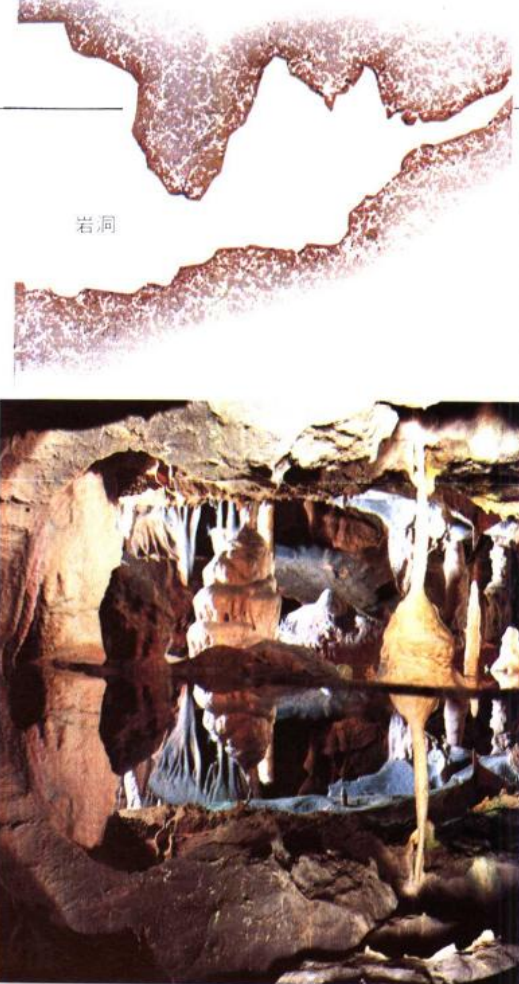
的成因及其在歷史中所扮演的角色。

基本上有兩種不同形式的岩洞，它們的成因和演變完全不同。原生岩洞形成於火山爆發；這些火山從火山頸噴出液態熔岩。當熔岩冷卻時，形成所謂的熔岩管(lava tube)，為一種傾斜的地道，基本上呈圓筒狀，並沿熔岩流流經之處延伸。熔岩管底部由凝結的熔岩形成並夾雜可能由頂部落下或熔岩流取自地表的石塊。最後熔岩管尖消失；即底部與頂部結合為一。

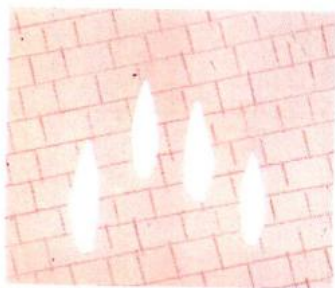
在冷卻過程期間，熔岩管內充滿熱氣，將頂部向上推舉。因此有時有些地方會顯著地鼓脹起來，形成一大空間，甚至衝破地表形成裂口。在加那利羣島(Canary Islands)一個稱為 Cueva delos Verdes 的熔岩管長度超過6公里。

裂縫和入侵

通常在石灰岩和砂岩地區所發現的次生岩洞是由機械作用如侵蝕(erosion)或化



(1) 水沿垂直裂縫所成之岩洞。



(2) 岩洞因侵蝕而加寬；岩石墜落而使岩頂高昇。



(3) 各岩洞相連接，形成一岩洞系統。

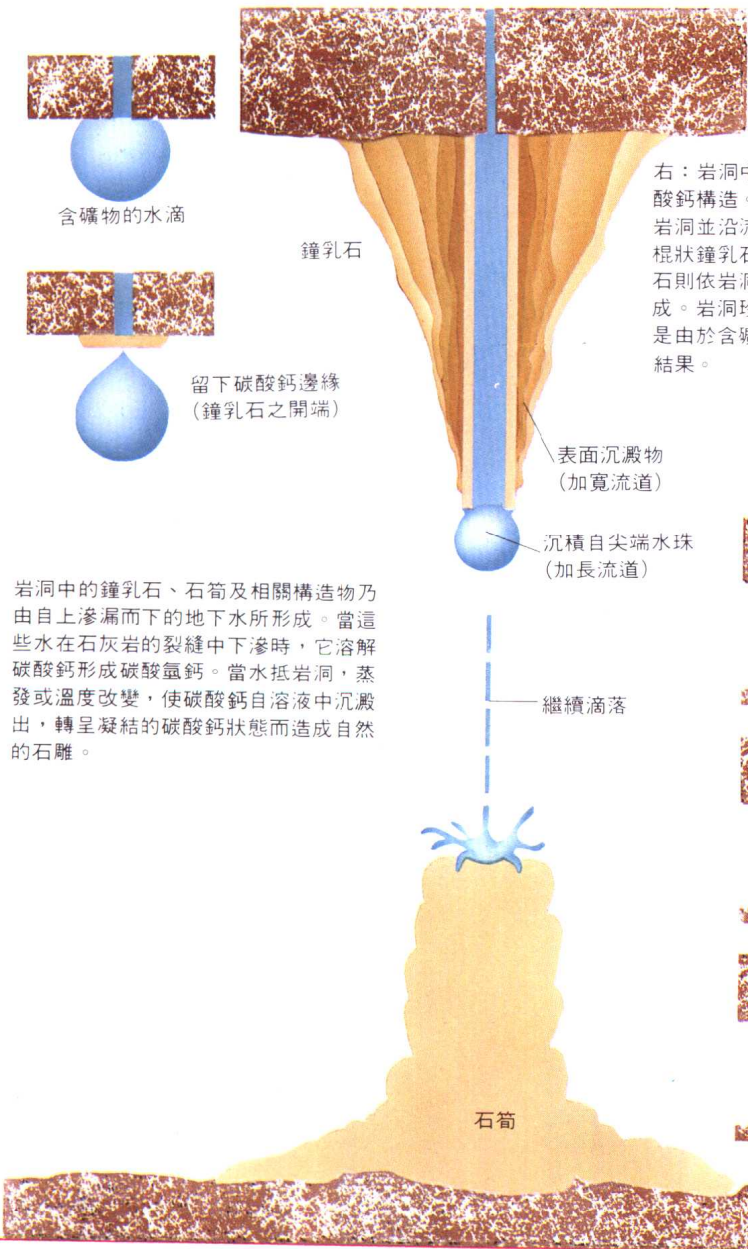


最上：英國索美塞得郡赤德附近的石灰岩洞。這個岩洞是由稱為喀斯特的石灰岩地質構造區中水的作用而形成。喀斯特一名是取自南斯拉夫北部一個地區名，在那兒它們首先被研究。一典型的喀斯特系統可見上圖。

左：被稱為倒轉侵蝕(inverse erosion)的岩洞形成理論示意圖。

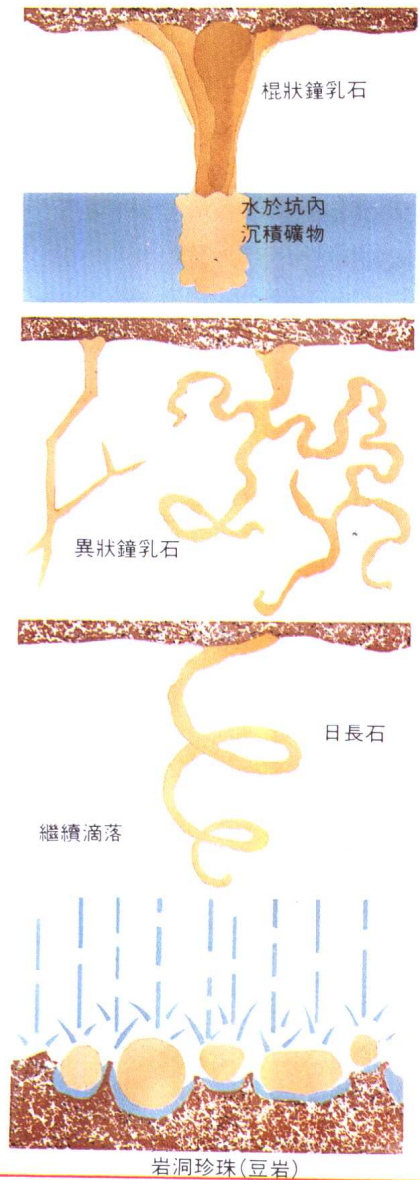
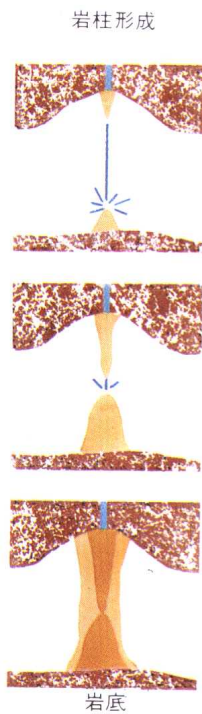


岩洞能呈數種形狀。它們可由單一石室所成，或許多石室連結在一起形成一複雜的岩洞系統。若其延伸呈垂直狀，則稱井或直立裂口(chimney)。



岩洞中的鐘乳石、石筍及相關構造物乃由自上滲漏而下的地下水所形成。當這些水在石灰岩的裂縫中下滲時，它溶解碳酸鈣形成碳酸氫鈣。當水抵岩洞，蒸發或溫度改變，使碳酸鈣自溶液中沉澱出，轉呈凝結的碳酸鈣狀態而造成自然的石雕。

右：岩洞中可發現一些奇特的碳酸鈣構造。當水流過前一乾枯的岩洞並沿流道留下沉積物而形成棍狀鐘乳石。異狀鐘乳石及日長石則依岩洞中不規則氣流效果而成。岩洞珍珠或豆岩(底部)，則是由於含礦物質水流持續滴落的結果。



學作用生成。機械作用始於因岩層褶皺，隨地震伴生的隆起或局部岩層陷落所造成的裂縫。因此等作用而生成的裂縫，隨後為水或雪入侵。如果結冰，則岩石更加崩裂且使裂縫加寬。若裂縫成垂直，此等作用將使其深至數百公尺。

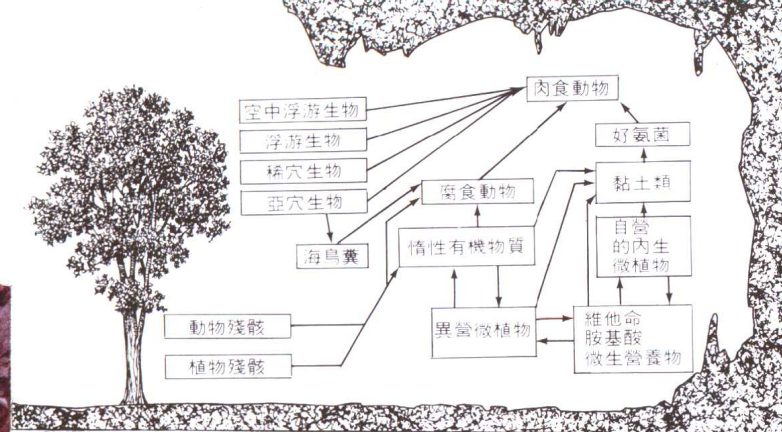
有時裂縫的岩壁會呈倒懸，形成地下深處巨大岩洞的頂部，如位於加州巔頂國家紀念碑(Pinnacles National Monument)

的岩洞即屬此種。伏流能更進一步地造成此種岩洞，甚至溪流也能在其兩岸造成岩洞。如科羅拉多河大理石峽谷的紅壁岩洞(Redwall Cavern)即是。

經化學作用而生成的岩洞，多半出現在古海沉積的石灰岩(limestone)地區。石灰岩中的主要成分碳酸鈣可被水中的二氧化碳溶解，形成易溶的碳酸氫鈣。當水被蒸發或水溫變高時，這些物質沉澱而形成

許多可以在岩洞的岩壁及底部找到的美麗雕刻圖形。

世上最大的岩洞，如巨象岩洞、喀斯巴德岩洞及法國西班牙許多著名岩洞都是如此形成的。其過程甚為簡單；地表水沿石灰岩的裂縫帶滴流而下，加寬裂縫並溶蝕岩壁。滙流於地表下的水，經溶蝕作用加大水平裂隙面，終至形成深入地下的水塘。最後這些水在較低處復流出地表而形



成連接地下湖泊的溪流。岩洞頂部可能崩落，使岩洞加大，同時鐘乳石(stalactite)沿地表水滴下的形狀開始形成。

鐘乳石，這種懸於岩洞頂部的美麗「岩柱」，實乃經過數百年甚至數千年由溶於水中的碳酸鈣，於其下滴沉澱後逐漸造成的中空管狀岩石。當水滴落在岩洞底部即形成石筍(stalagmite)。最後石筍由底部成長而與鐘乳石相遇，造成石柱，歷經數百年而益發粗壯。

左上：以岩洞為住所的生物體的複雜生態系。其中包括完全發生於岩洞內，及外來營養輸入的兩種食物來源。



岩鹽中的石膏

硫酸是另一種自然界生成的酸，它在經常沉積於淺海中的硬石膏(anhydrite)中造成洞穴。硬石膏與硫酸作用形成比石灰岩更易溶解的石膏。石膏岩洞形成的速度比石灰岩洞更快。岩鹽(rock salt, NaCl)廣存於地下沉積物中，因其溶解快速，常造成巨大的地下岩洞。很多這類岩洞位於奧地利的阿爾卑斯山，並曾在二次世界大戰中被德軍用來匿藏藝術品及聯軍的金條。

世上最深的岩洞

珍-伯納，薩摩恩，威特-薩伏衣(法國)	-1332公尺
西斯特瑪，庇里牛斯山(法國/西班牙)	-1007公尺
阿芬B-15，瓦斯卡(西班牙)	+325公尺
高佛列山，伊塞爾(法國)	-1150公尺
雪洞，薩爾斯堡(奧地利)	-1148公尺
荷約斯第皮拉，瑪拉加(西班牙)	+1111公尺
基夫斯加亞或基西，烏茲別克(蘇俄)	-1098公尺
蘭普希斯若芬，薩爾斯堡(奧地利)	-1080公尺
東貝-漢里摩特，威特-加倫(法國)	+1024公尺
	-1018公尺

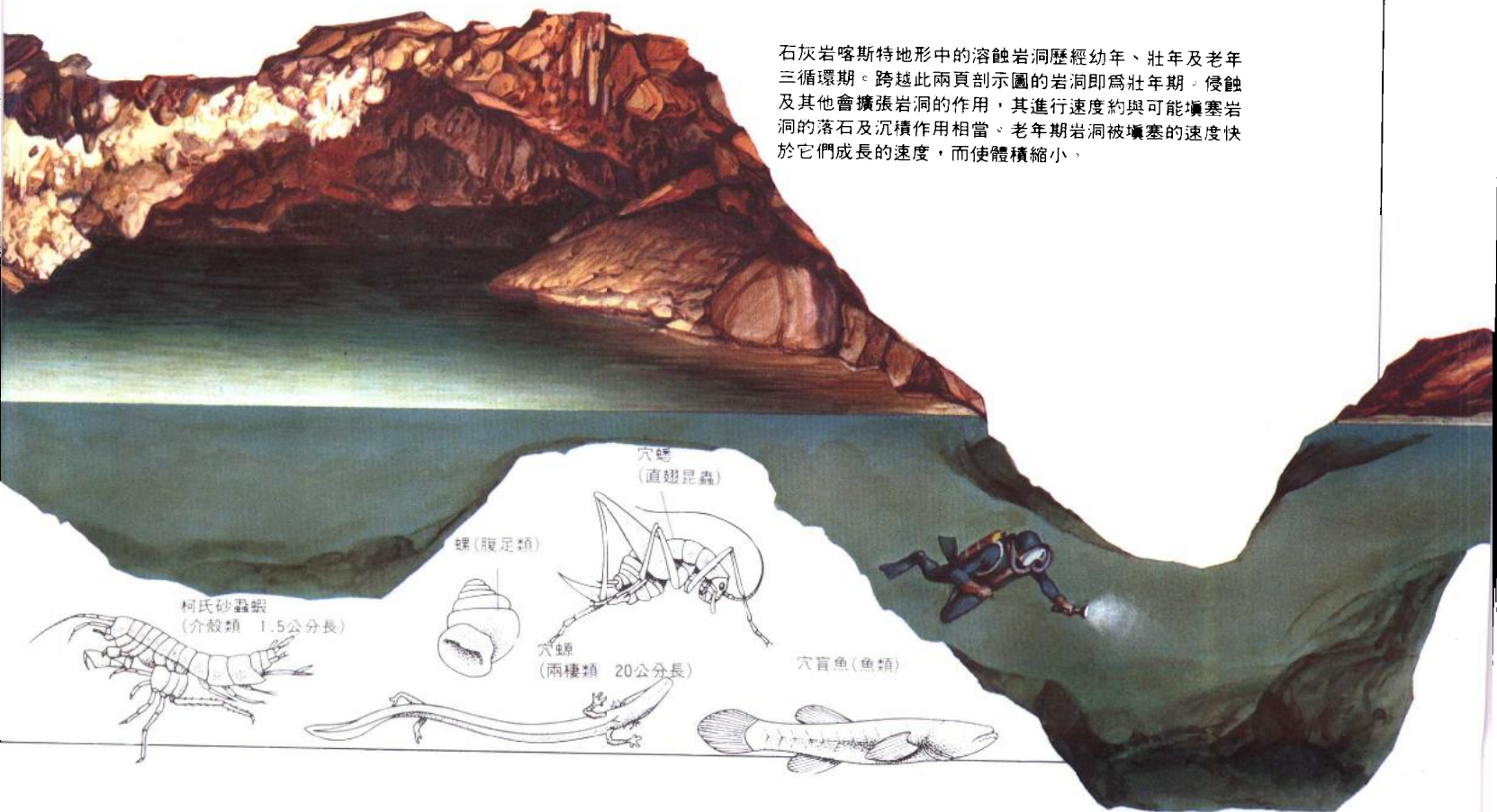


下降技巧

右上：肯塔基州巨象岩洞的一部分及燧石河系統是世上最長的岩洞。長度超過 350 公里的巨大迷宮，是由流入格林河的地下水所掘，並散佈於 5 個不同的階面。

世上最長的岩洞

燧石巨象岩洞系統，肯塔基(美國)	354236公尺
歐提密斯提西加亞，狄斯諾夫克－普力斯諾摩斯加亞(蘇俄)	143000公尺
荷洛，毛塔薩(瑞士)	136000公尺
烏斯那亞，狄斯諾夫克－普力斯諾摩斯加亞(蘇俄)	104000公尺
傑威岩洞，南達科塔(美國)	100000公尺
加倫納，布哥斯(西班牙)	60000公尺
格林貝爾岩洞，西維吉尼亞州(美國)	57300公尺
卡納達，南方高地(新幾內亞)	51000公尺
東貝－漢里摩特，威特－加倫(法國)	51000公尺
風穴，南達科塔(美國)	46200公尺



石灰岩喀斯特地形中的溶蝕岩洞歷經幼年、壯年及老年三循環期。跨越此兩頁剖示圖的岩洞即為壯年期。侵蝕及其他會擴張岩洞的作用，其進行速度約與可能壅塞岩洞的落石及沉積作用相當。老年期岩洞被壅塞的速度快於它們成長的速度，而使體積縮小。

柯氏砂蠍蝦
(介殼類 1.5公分長)

螺(腹足類)

穴蟴
(直翅昆蟲)

穴蟴
(兩棲類 20公分長)

穴盲魚(魚類)

溶蝕的岩洞系統(soluble cave system)所發現的地形稱為喀斯特(karst)，是來自南斯拉夫北部的一個地區名字。它常有一些不易誤認的特徵。它粗糙而破碎並具許多對人畜有害的灰岩坑。在法國南部米由鎮(Millau)附近就有這麼一個喀斯特地形。在二次世界大戰期間，這是一個令德軍恐懼的地區，因為它是法國地下反抗組織 *maquis* 的根據地；很多德軍在巡邏時，誤陷灰岩坑而失踪，未見生還。

很多溶蝕岩洞系統為地表流域系統的一部分。這些流域系統源自地表的集結點而終於遠處的河流、湖泊或甚至海洋中。這

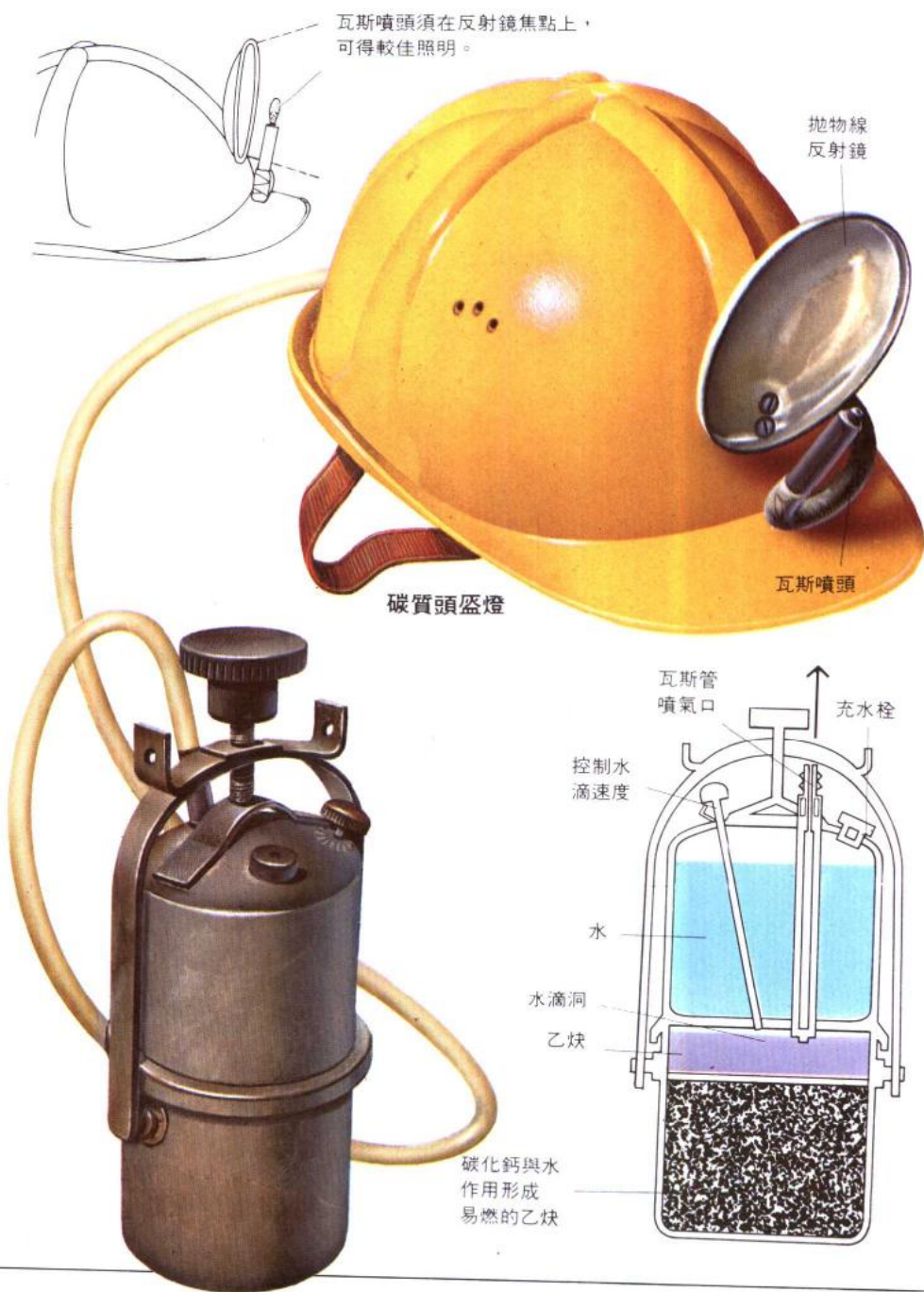
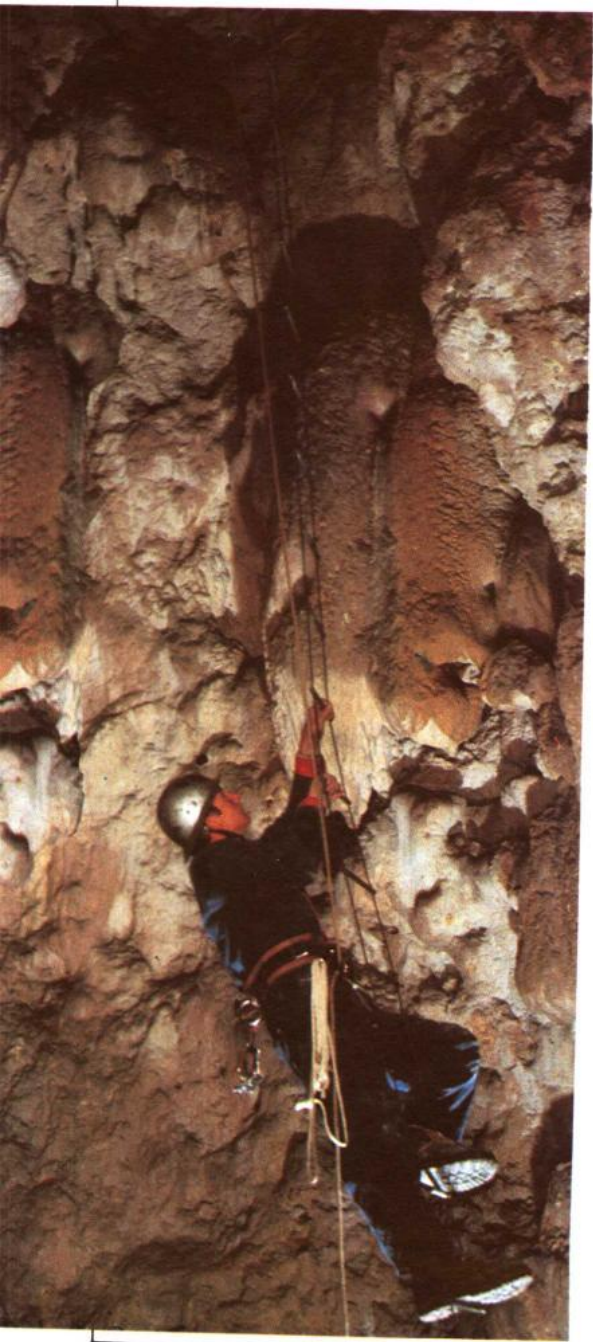
些相互連通的岩洞實際上就是地下河流。當流域系統或岩石中的裂隙被侵蝕後，河面有時會降低或滙集成深潭，景色秀麗。岩層為砂岩處，流水會掘成深谷，就如在地表的情形一樣。在較為寒冷的地區，岩底會覆上一層純冰的「溜冰場」，其下的各色岩石，清晰可見。

有時在地質活動過程中，譬如隆起，整個岩洞系統可被抬升至海平面以上，並因峽谷壁的侵蝕而露出地表。此過程曾發生於大峽谷(Grand Canyon)地區，並說明了岩洞學家所稱的成洞雙循環理論。第一個循環為地下溶蝕相；第二個循環為滲流

相，其間含水流失，岩洞為空氣充滿。相反地，若因新的地質擾動或山崩而塞阻流道，滲流岩洞系統(vadose cave system)能再度為水浸注。

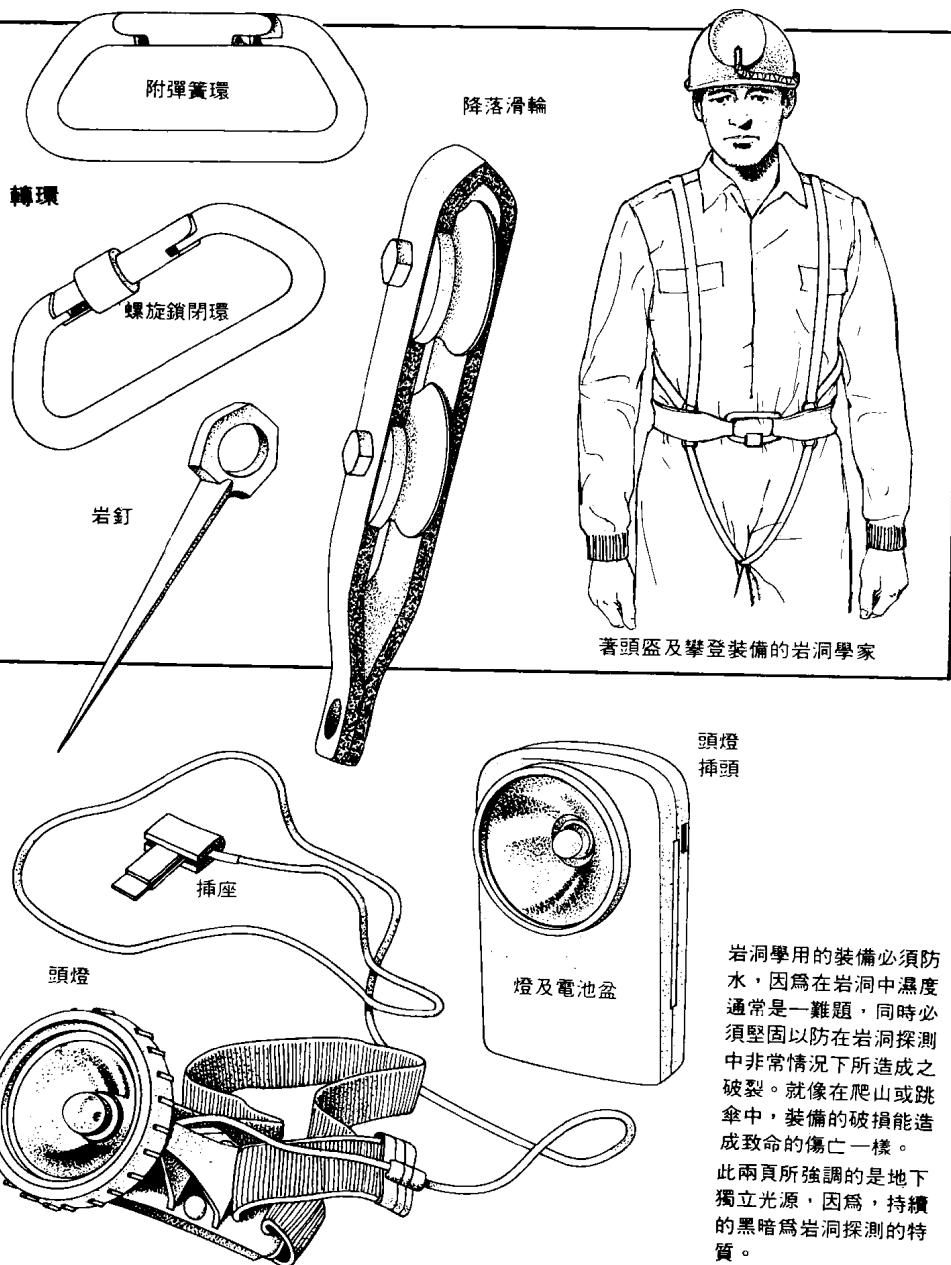
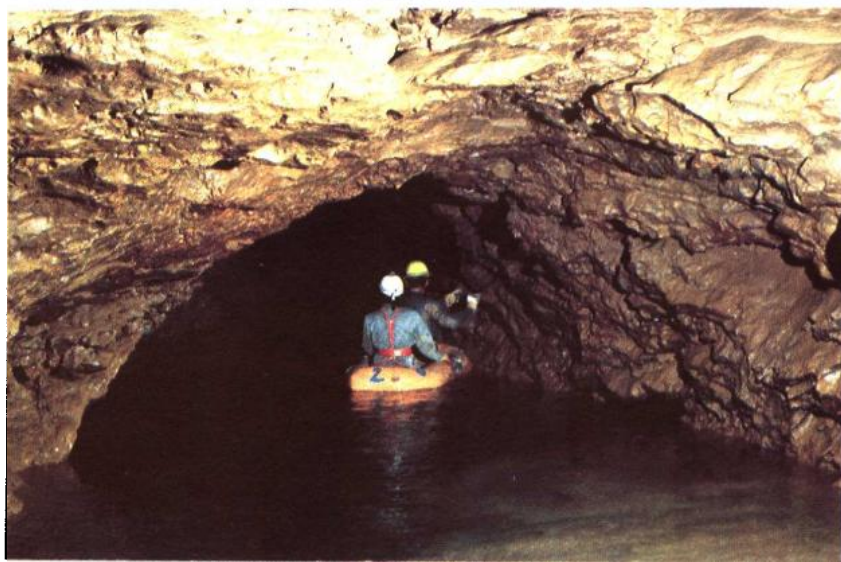
狩獵圖

人類與岩洞的緊密關係，其歷史可回溯至原始人類時代。當時這些岩洞為早期石器時代(Stone Age)的人類提供了庇護所及溫暖。岩洞提供了很多證據來證實史前部落的生活方式。岩洞繪畫提供了更進一步的證據，如法國拉斯考克(Lascaux)或西班牙阿特米拉(Altamira)岩洞的繪畫。





岩洞探測的工作服。口袋很少，因為在狹道中它們會妨害工作。工作服上易磨損之處以皮塊補強，以抵抗銳石之磨擦。同時袖口以橡皮筋合緊以爲防水。



這些美麗繪畫所顯現的精緻度令人驚訝。它們多爲原始質料所繪：以富含鐵質黏土中的赤色氧化物爲紅色顏料，煤灰爲黑色顏料及其他自然顏料。然而這些情景——多是狩獵——栩栩如生，且具甚易辨認的景物。所以，常可指出在當時何種動物被狩獵，及獸皮和其他部分如何被使用。

岩洞學現已區分爲4門分支，每一分支均有自己的目標。岩洞地質學(cave geology)爲尋求解釋岩洞系統的成因；岩洞水文學(cave hydrology)爲研究地下河流，湖泊及岩洞中水的作用。岩洞人類學(cave anthropology)則研究岩洞與人類的關係。生物岩洞學(biospeology)旨在研究岩洞中的生物。生物岩洞學特別令人感興趣，因爲像魚、蝦及蝴蝶這些動物，其中數種已完全適應這種無光無聲的岩洞生活。經過時間的演化，這些動物現在都已盲目了。

最近人們組隊集體前往岩洞探險的多是遊客或觀光者。探訪這些爲此目的而開發的岩洞的人們，均能享受到一些世上最令人驚訝且美麗的景色。歷經千百年，這些緩慢而無盡期的水滴雕成了石碑及岩柱、階狀及形似城堡的岩壁、塊狀圓形的圖案及岩石上令人驚異的精緻花紋；所有這些均在緩移的時間中爲流水所磨亮，在光線下閃耀著奇特的光彩，直到人類入侵後才被發現。

岩洞學用的裝備必須防水，因爲在岩洞中濕度通常是一難題，同時必須堅固以防在岩洞探測中非常情況下所造成之破裂。就像在爬山或跳傘中，裝備的破損能造成致命的傷亡一樣。此兩頁所強調的是地下獨立光源，因爲，持續的黑暗爲岩洞探測的特質。

弩弓 Crossbow

西元 1346 年 8 月 26 日，在英法百年戰爭中，最大的會戰之一的克烈西戰役(the Battle of Crécy)，一支擁有 1 萬 2 千名士兵的部隊，其中大部分為季諾西(Genoese)的弩弓手，與大約 1 萬 4 千名英國兵交戰，英軍中約有 1 萬名長弓手。當這一天戰爭結束時，手持弩弓的軍隊徹底地敗給英國的射手。因此，弩弓——一種機械的弓，可發射一種稱做弩矢的箭，曾經在歐洲當做步兵主要武器，經過二世紀之久後，隨即淪為狩獵用具。

長弓和弩弓的差別甚大，英式長弓類似今日所流行的弓箭。弩弓包括強韌的弓，安裝在長而重的軸上，軸的底部靠在肩上，有如來福槍的槍托。數種機械零件都有拉弓弦的功用。將弓弦用力往後拉，固定在軸柄弦鉤上。固定之後可做為弩弓手的瞄準之用。弩矢就安置在平滑的引導槽內，扣扳機時，弓弦的收縮所放出的推進

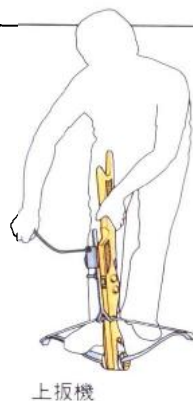
裝飾品。

歐洲有很多博物館，在中世紀的陳列室中仍有一些弩弓；因此，就是在現在，仍有機會看到。弓的截面有 1 公尺長，寬 6 公分，厚 2.5 公分。厚度明顯地傾斜向尖端。標準的弩矢重 85 公克，長 25~35 公分。矢尖有的是單尖，或分叉以增加殺傷力。測試過弩弓的考古學家報告說：把弓弦往後拉 18 公分，所需的力量為 550 公斤；但拉長弓的弓弦時，同樣的距離只需要 23~27 公斤的力量。

弩弓的射擊

伸拉弓弦所需的巨大力量，只能由機械的方法中得來。弩弓最簡單的零件就是類似騎馬用的馬鐙形的工具，把弓弦鉤在弩弓軸柄重鉤上。拉弓弦時，射手雙腳踏住弓體，腿及腰用力伸直，拉弦扣入重鉤。

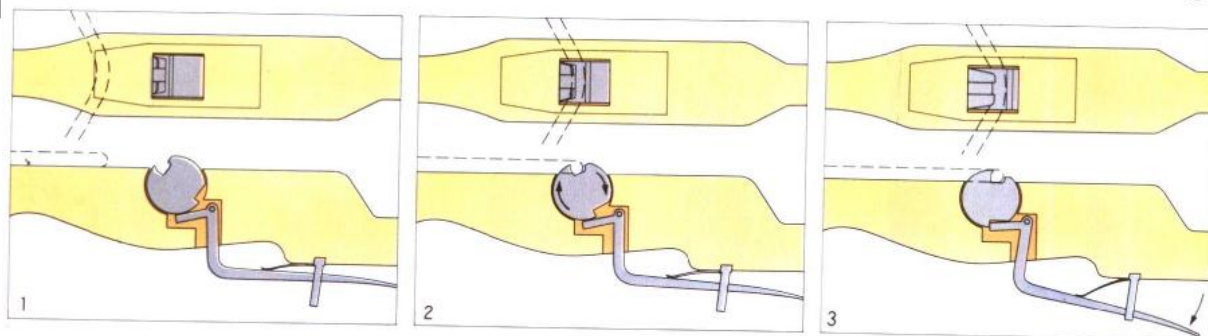
另一種方法則使用繩子和滑車的裝置；



上扳機



上好扳機
等待擊發



力把弩矢射出。雖然弩弓射出的箭比長弓強勁有力，但長弓的最大優點是一個體格健壯的士兵，從填箭、拉弦、射箭及再裝箭的速度較快。

強有力的武器

弩弓自古即已存在，亞述人、巴比倫人、埃及人、希臘人及羅馬人都曾經使用過。第一次十字軍東征時代(西元 1095~1099 年)，軍械士已製造金屬弓或包覆金屬的木弓。這些武器的殺傷力極為可怕，羅馬天主教教廷遂下令禁止對抗基督教敵人使用，但仍可以用來和異教徒作戰。

雖然英國長弓手在克烈西戰役的勝利，意味著以弩弓為個人武器時代的結束，但把弩弓安置在城堡當成「重砲」使用的情形仍然繼續流行。弩弓從城牆的十字型開口發射。這些開口以水平和垂直地校準目標；且經過偽裝，使人誤以為是宗教性的

繩子一端綁在弓手的腰帶上，另一端穿過滑車的輪子繫在箭槽外的金屬釘上。這種裝置的作用，非常類似目前以滑車來舉重物的裝置，使弓手有足夠的力量來發射武器。

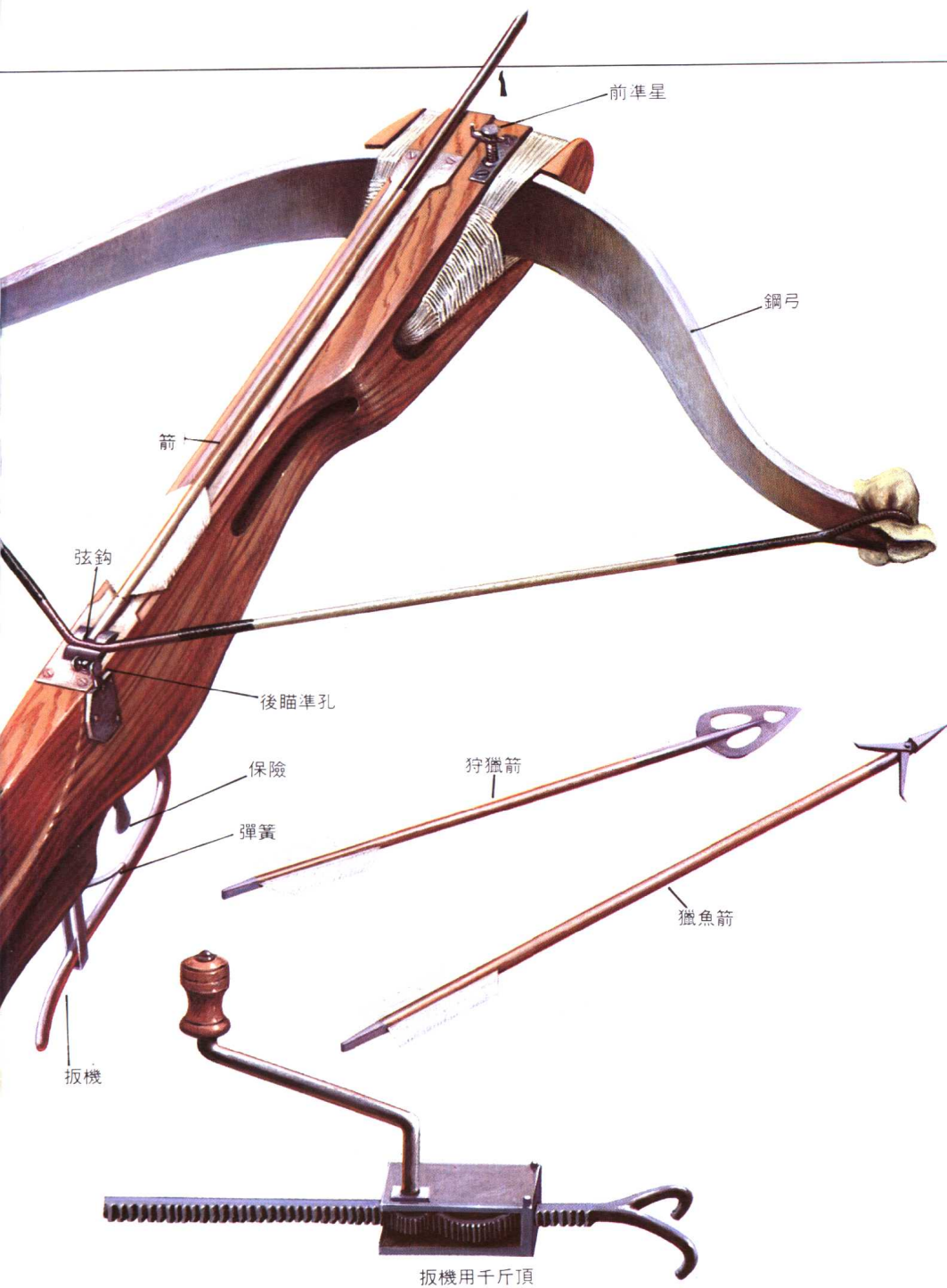
較強勁有力的弓，則需要使用齒輪或螺絲起重裝置。在英式弩弓較常用的工具稱為「山羊腳」，由一個尖端分叉的鐵撬，裝一個槓桿手把，只要向下按，就能輕易的啓拉弓弦。

今天，弩弓亦尚未被完全淘汰，在 1960 年代，英國的動物學家請劍橋大學的工程師設計一種現代型的弓箭，可以發射皮下注射標箭來做為觀察和治療動物之用。這種弩弓設計的改革，引起一羣狩獵專家的興趣，他們於西元 1964 年組織大英弩弓協會(British Crossbow Society)，美國亦有類似的組織。

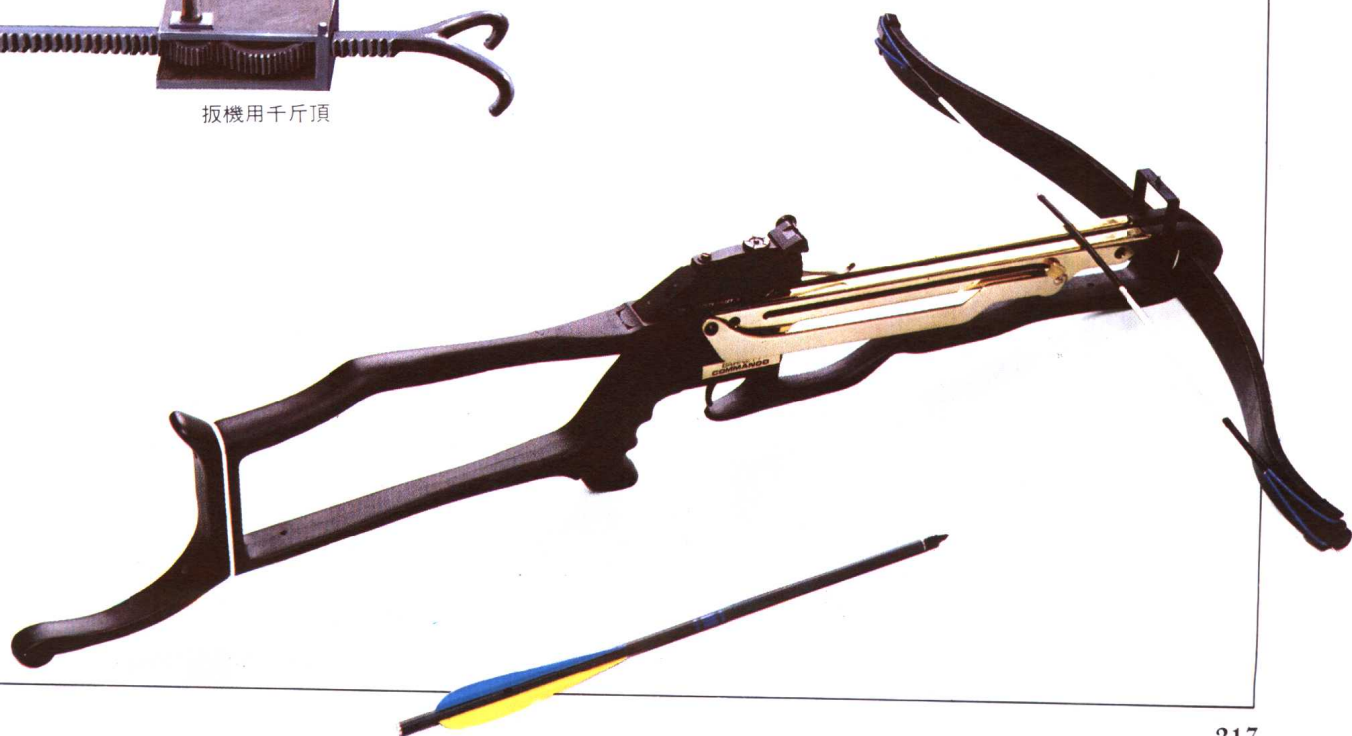
4: 216~217
圖中所示，較強有力的弩弓由千斤頂使弓弦上扳機。

扳機
千斤頂鉤





最左：弓弦上扳機三步驟：(1)弓弦正要扣在弦鈎上；(2)弓弦已扣在弦鈎；(3)上扳機準備發射。
兩種運動用的弩弓——左圖為木製弩弓，下圖為金屬弩弓。



抗生素 Antibiotics

在 2000 年前，中國人已知使用生物產生的物質來殺死另一種生物。

當時的中國人已知發霉的豆腐塊對傳染病有治療的效果。抗生素是由微生物所產生的化學物質，可以對其他某些生物體產生傷害。在十九世紀後期，巴斯德 (Louis Pasteur) 與焦伯特 (Jules-Francois Joubert) 在研究牛的炭疽病時，發現某微生物能夠影響另一種生物的成長和生存。西元 1928 年，英國的佛來明 (Alexander Fleming) 注意到盤尼西林黴菌會抑制細菌在培養皿的生長，這發現導致了盤尼西林 (penicillin) 的問世。在第二次世界大戰期間，抗生素開始大量生產，大部分的研究、發展都在美國進行。抗生素已經成為對抗及治療疾病戰爭中，重要的醫學武器了。

抗生素是如何作用的？

抗生素可以皮下注射、口服或是塗抹在皮膚上。不管它是經注射或口服方式進入人體，都可為人體所吸收並藉著血液和體內液體循環全身，來抵抗入侵的微生物。若是直接塗抹在皮膚上，則抗生素只會對塗抹處的微生物有作用，而不會被身體吸收。有些抗生素雖經口服後，仍無法進入血液到應該作用的部位，因為它們可能被胃酸或腸內的酵素所中和；這樣的抗生素就必須直接注入肌肉內或靜脈中。當然，有一些抗生素不但可用注射，也可用口服。

抗生素主要作用在三方面：

1. 它們會堆積在某些細菌的細胞膜上，阻止新細胞壁的合成，於是可以打斷細胞分裂的過程。
2. 它們可以作用於細菌的分裂期和休止期，使細胞內賴以生存的物质由殘缺的細胞膜跑出，因而造成細菌死亡。
3. 蛋白質的合成是細菌生存所必須的，抗生素可以干擾蛋白質合成某些具決定性的步驟。

細菌可以分成兩大羣：格蘭氏陽性菌 (gram-positive microorganism) 與格蘭氏陰性菌 (gram-negative microorganism)。如果細菌先用龍膽 (gentian) 或結晶紫 (crystal violet) 處理，再加上碘，而可以染上顏色，就是格蘭氏陽性；否則便是陰性。格蘭氏陽性菌包括了鏈球菌與葡萄球菌；而格蘭氏陰性菌有沙門桿菌 (salmonella)，淋球菌 (gonococci) 和腦膜炎

球菌 (meningococci) 等等。

抗生素也可以分成抑菌性 (bacteriostatic) 與殺菌性 (bacteriocidal)；前者可以抑制微生物的生長，而後者可以完全摧毀它們。廣效抗生素 (broad-spectrum antibiotics) 可對付許多種類的細菌，包括有四環黴素類 (tetracycline)；狹效抗生素 (narrow-spectrum) 如盤尼西林，其作用有限，只能抵抗少數的幾種細菌。

傳染性疾病可能由許多種類的微生物引起的，所以抗生素只對某些種類才有效

抗生素的作用

抗生素作用位置	抗生素分類
細菌細胞膜	多肽類
細菌細胞壁	盤尼西林 頭芽胞黴素衍生物
核糖體：蛋白質之合成	氯黴素 四環黴素
核糖體：30 S	氨基配糖體類
核酸	立復黴素



抗生素是生物的代謝產物，可以用來抑制或殺死致病菌的成長。上圖是有多敏感圓盤 (multisensitivity disk) 的培養皿。敏感圓盤是用來決定不同抗生素對某一細菌的作用力。每一圓盤都浸有不同的抗生素，經培養後，抑制區域愈大，則其抗生素抑制病菌能力愈佳。

主要抗生素之分類

殺菌性抗生素作用於細菌的繁殖期	盤尼西林由青黴菌合成	盤尼西林	Benzyl penicillin Procaine penicillin Penicillin G Benzathine penicillin
			Oxacillin Cloxacillin Methicillin
		廣效用	Ampicillin Amoxacillin Nefacillin Metampicillin
	頭芽胞黴素由頭芽胞黴菌合成	頭芽胞黴素	Cephacetril Cephalexine Cephalothin Cephapirin
		頭芽胞黴素之衍生物	Cephachlor Cephadroxy Cephamanol Cephtryzin Cephastulodyn
氨基配糖體類：殺菌性 由鏈黴菌、微單胞菌合成		Gentamicin Kanamycin Neomycin Ribostamycin Streptomycin	
氯黴素：抑菌性		Chloramphenicol Thiamphenicol	
四環黴素：抑菌性 由鏈黴菌合成		Chlortetracycline Doxycycline Methacycline Oxytetracycline Tetracycline	
大環類抗生素：抑菌性	大環類抗生素	Erythromycin Oleandomycin Spiramycin	
	林可黴素	Clindamycin Lincomycin	
立復黴素：抑菌性		Rifamycin Rifamycin	
奎寧：殺菌		Oxalic acid Pipemidic acid	
多肽類：由桿菌合成		Bacitracin Polymyxin A,B,C,D,E	

如細菌、立克次體)，對另一些種類便無效(如病毒)。

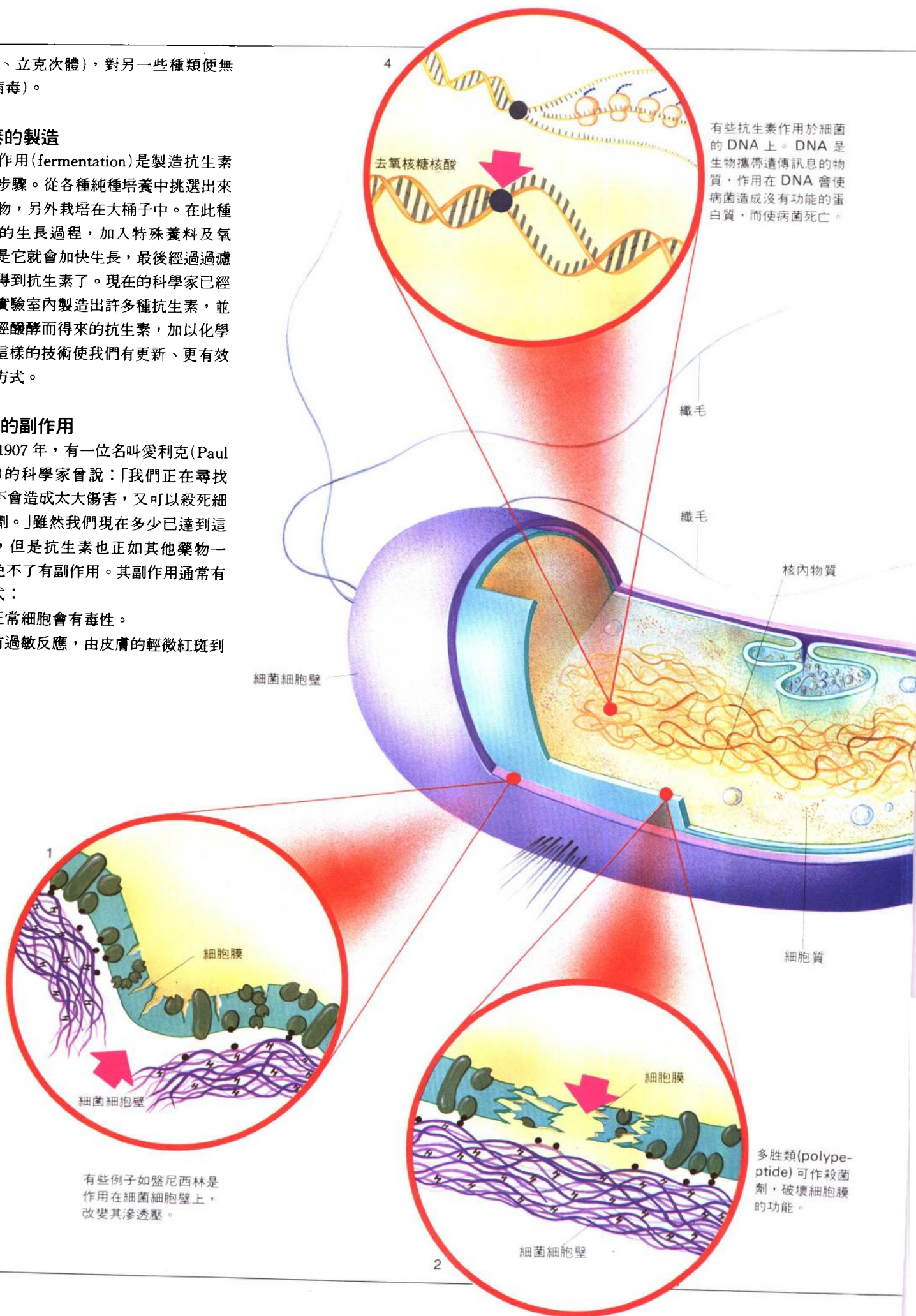
抗生素的製造

發酵作用(fermentation)是製造抗生素的重要步驟。從各種純種培養中挑選出來的微生物，另外栽培在大桶子中。在此種微生物的生長過程，加入特殊養料及氧氣，於是它就會加快生長，最後經過過濾就可以得到抗生素了。現在的科學家已經能夠在實驗室內製造出許多種抗生素，並且能把經發酵而得來的抗生素，加以化學修改，這樣的技術使我們有更新、更有效的治療方式。

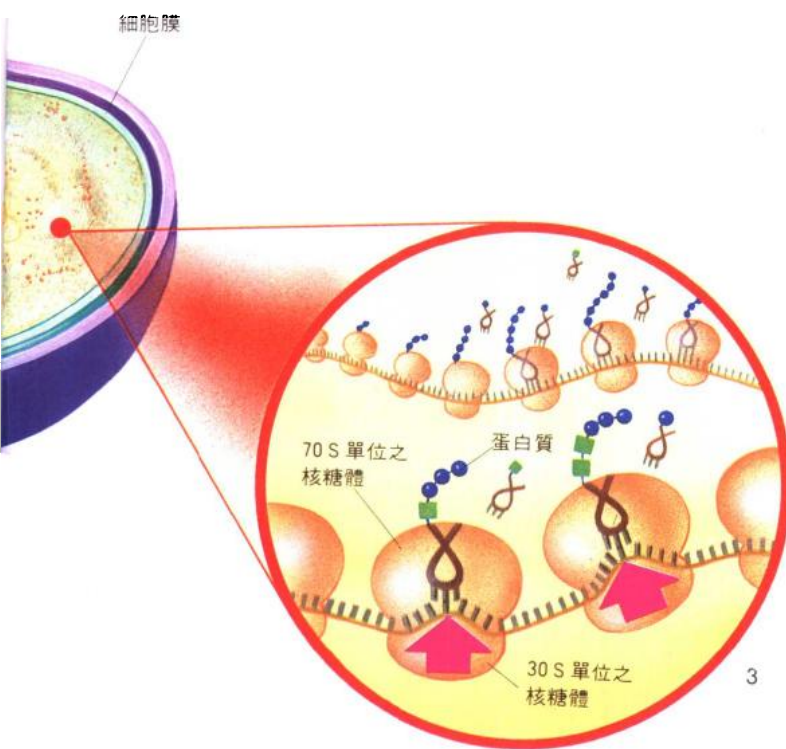
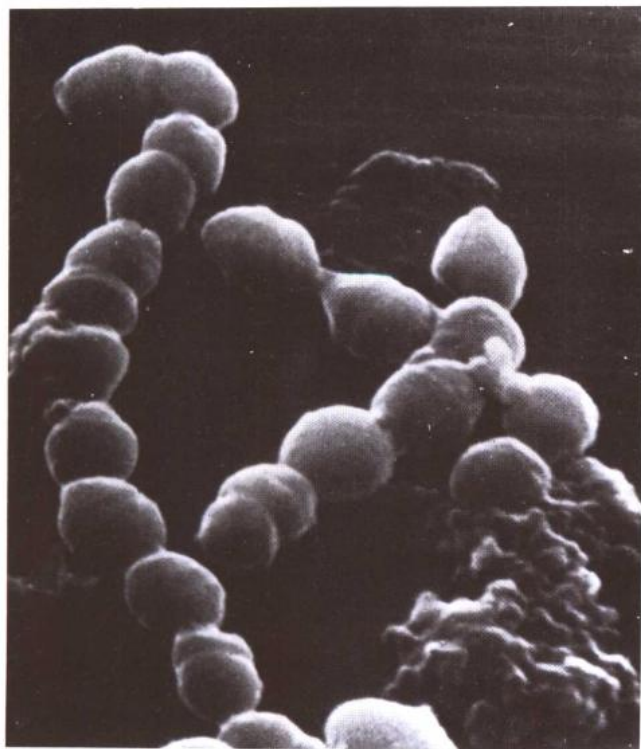
抗生素的副作用

西元1907年，有一位名叫愛利克(Paul Ehrlich)的科學家曾說：「我們正在尋找對人體不會造成太大傷害，又可以殺死細菌的藥劑。」雖然我們現在多少已達到這一目標，但是抗生素也正如其他藥物一樣，總免不了有副作用。其副作用通常有三種形式：

1. 對正常細胞會有毒性。
2. 會有過敏反應，由皮膚的輕微紅斑到



被部分合成(semisynthetic)抗生素破壞的鏈球菌落。部分合成的抗生素不同於天然的抗生素，因為它經過了化學的修飾，使其能更具殺菌力。



四環黴素與氯黴素(chloramphenicol)作用於蛋白質合成；氨基配糖體類(aminoglycosides)影響組成核糖體的30 S與70 S單位。

四個圖圈表示抗生素不同作用的模式。(1) 抗生素抑制細胞壁的合成，使內外滲透壓不均而破裂。(2) 抗生素作用於細胞膜，使細胞破裂。(3) 抗生素抑制蛋白質的合成。(4) 抗生素作用於 DNA 上。

猝死都有可能。

3. 因服用口服抗生素而破壞了腸內細菌的平衡，造成腸胃不適。

醫生對抗生素劑量的使用要十分小心，因為某些物質如未經適當使用，是會造成極大傷害的。例如掌握體內極精細的平衡狀態的腎臟，便很容易受傷害。而在使用抗生素治療的過程，可能會有重複感染情形出現。因為某些微生物受抗生素作用而減少，另一種對抗生素沒有作用的微生物失去了競爭者而大量繁殖，因此造成了重複感染。

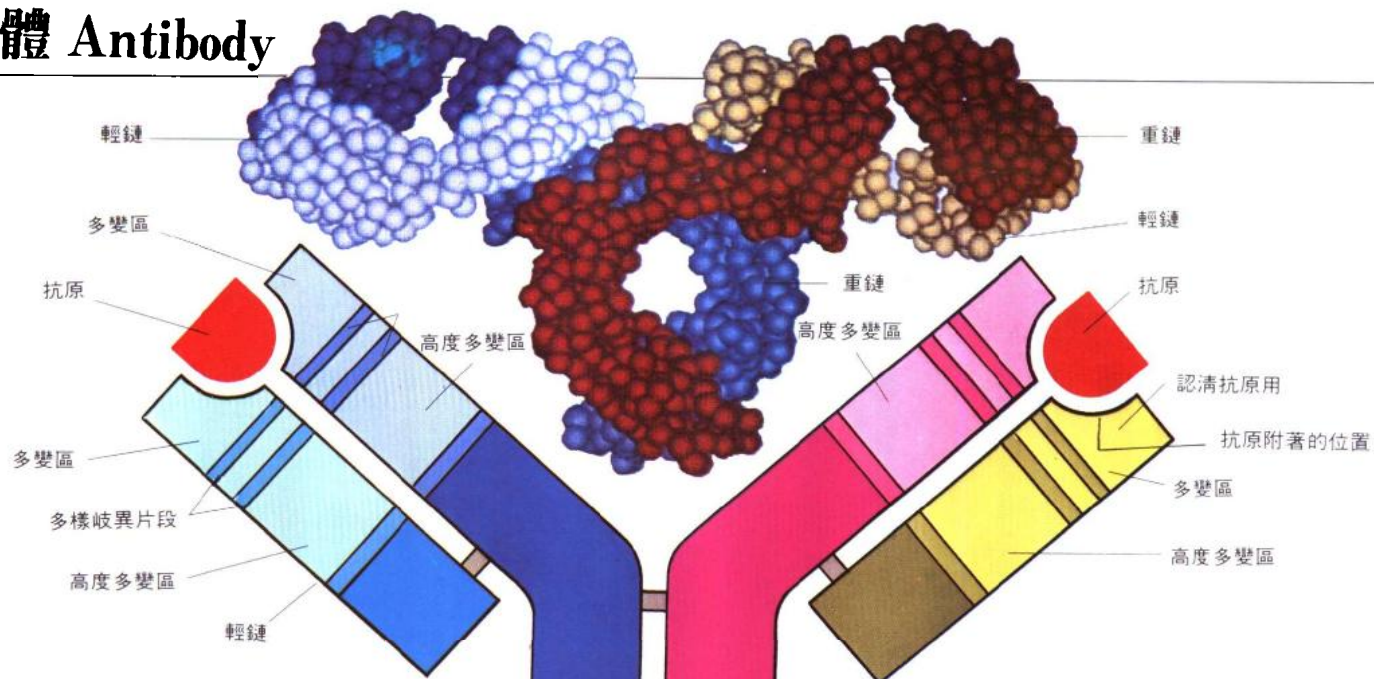
一再地使用藥劑會增加某些不良反應出現的機會。因為連續的用藥，使病菌(micro be)抵抗藥物的能力愈來愈強，而最後就有了抗藥性(resistance)。在醫學上，已經有某一種的病菌對某抗生素有了抗藥性，可使此藥物完全失去作用。慶幸的是科學家總能比病菌的演化腳步快一步，發明出新藥來制止它們的猖獗。

抗生素的重要性

抗生素是以去除微生物來治療疾病的唯一藥物，它在救人與減輕某些疾病嚴重性上所扮演的角色，只要比較在抗生素使用前後的死亡率，便可以容易看出。在西元1930年代，美國肺炎(pneumonia)的死亡率在百分之二十到八十五之間，而在西元1960年大約只有百分之五。因心臟瓣膜感染疾病而死的病人由百分之百下降到百分之五。脊髓腦膜炎(spinal meningitis)死亡率曾一度高達百分之九十，而今已少於百分之二。類傷寒(typhoid fever)的死亡率現今也下降到百分之十以下。而在治療性病(venereal disease)方面，尤其是梅毒(syphilis)，抗生素也扮演著一個極重要的角色。

影響生命長短、健康狀況與死亡率的因素很多，包括了進步的消毒器具、對各種疾病的預防注射及適當飲食的進步知識和觀念等等。但是因為抗生素療法的發明，已經使主要的死亡率不再是由感染病菌所致的了。

抗體 Antibody



只有當身體對其他物體有所反應時，抗體才會存在於人體之中。抗體的存在是因為人體中有外來物質或稱作抗原(antigen)的侵入，而這些抗原可以是細菌、病毒、其他的細胞或是外來的蛋白質。抗體可說是身體內最好的朋友，因為它存在的主要目的就是來抵抗疾病。構造上，它是一種血蛋白分子，是由單核的白血球——淋巴球所製造的。身體可以產生數以千計的抗體，每一種抗體可針對某一特殊的抗原而作用，而每一抗體是來自某一特殊的淋巴球或淋巴球羣所製造的。

抗體的功能

既然抗體是因抗原存在而有作用的，所以看抗體如何與某一特殊抗原(如病毒)作用，便可很容易的了解其功能。對病毒的免疫能力是要靠抗體的作用，故對人體的保衛能力是依抗體的特性與數量，以及暴露於病毒感染下細胞產生之抗體的有效性而定。

首先，抗體會緊緊地附在入侵的外來微生物上。如果有足夠的抗體可以來攻擊病毒分子，則會產生遮蔽的效應，防止病毒進入細胞大量繁殖。

在感染後幾天，抗體便會出現在血液中，而在2~3星期內達到最數量。以後人體便會繼續產生抗體，但產生的速率較緩慢，即使在復原之後，還會不停的製造。有些疾病如麻疹與黃熱，其免疫力可以維持一生，因為引起這些疾病的病毒在症狀出現前，必先經過血液才會致病。既

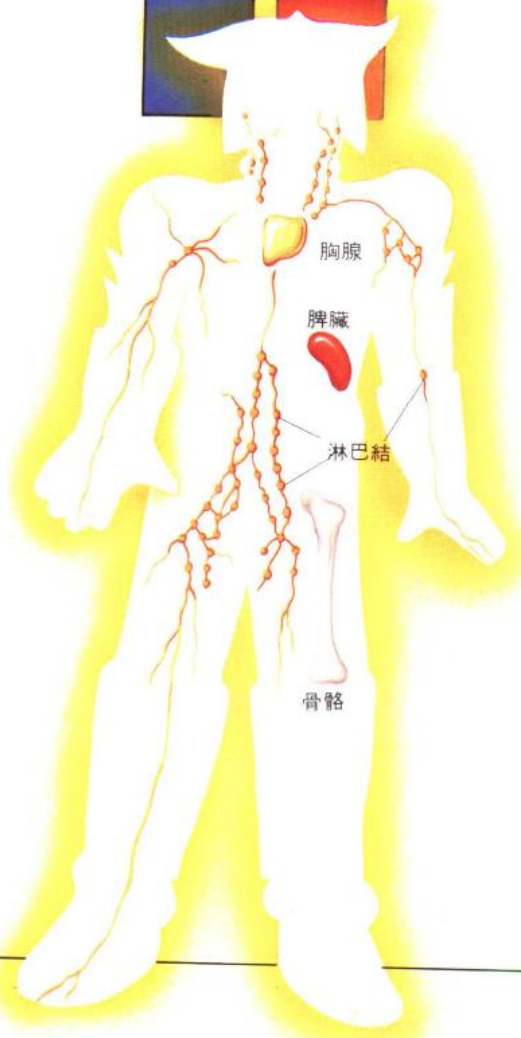
然感染後，血液中的抗體都相當多量，所以它們可以有效地避免再次的侵襲。然而像流行性感冒(influenza)的病毒性疾病，病毒並沒有進入血液內，只有在呼吸系統呼吸通道的表面做細胞間的散佈、傳播。因此在那部位的抗體遠比在血液的抗體少得多，抗體與抗原的比例太低便無法對人體有保護作用。所以，對感冒的免疫期要比會進入血液病毒所造成的疾病之免疫期短得多。

然感染後，血液中的抗體都相當多量，所以它們可以有效地避免再次的侵襲。然而像流行性感冒(influenza)的病毒性疾病，病毒並沒有進入血液內，只有在呼吸系統呼吸通道的表面做細胞間的散佈、傳播。因此在那部位的抗體遠比在血液的抗體少得多，抗體與抗原的比例太低便無法對人體有保護作用。所以，對感冒的免疫期要比會進入血液病毒所造成的疾病之免疫期短得多。

抗體的種類

有一些例子，在正常的情况下，仍可在人體中發現抗體，這樣情況稱做自然(天然)體，因為身體並未暴露於我們所知的抗原下。這一種類的抗體在研究自然(天然)免疫(natural immunity)扮演著一個重要的角色。

一旦人體產生了自身抗體(autoantibody)，便會和自己體內的組織對抗而作用。有些自身抗體是無害的，但有些則會

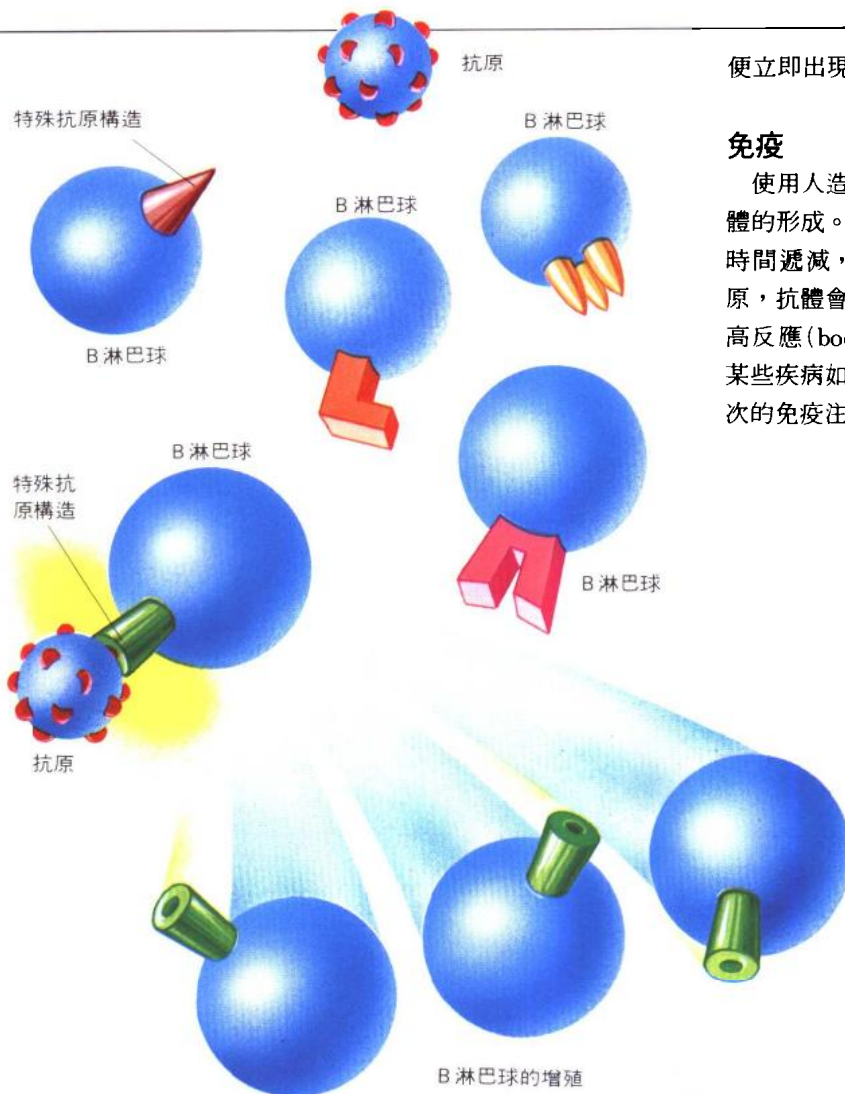


便立即出現，但其成因仍然未被確定。

免疫

使用人造疫苗的人工免疫法，也會有抗體的形成。雖然由此造成的保衛作用會隨時間遞減，但是一旦再次接觸此特定抗原，抗體會很快的增高，這就是所謂的升高反應(booster response)，這也就是對某些疾病如麻疹、小兒麻痺及感冒要做多次的免疫注射或者口服疫苗的理由。

所有的淋巴球都是來自骨髓組織。T淋巴球在進入身體內前，要先經過胸腺，而B淋巴球則離開骨髓後，便進入體中。T淋巴球是從事細胞免疫(cell immunity)，而B淋巴球則是產生抗體。在正常的免疫系統下，此兩種淋巴球都是必需的。



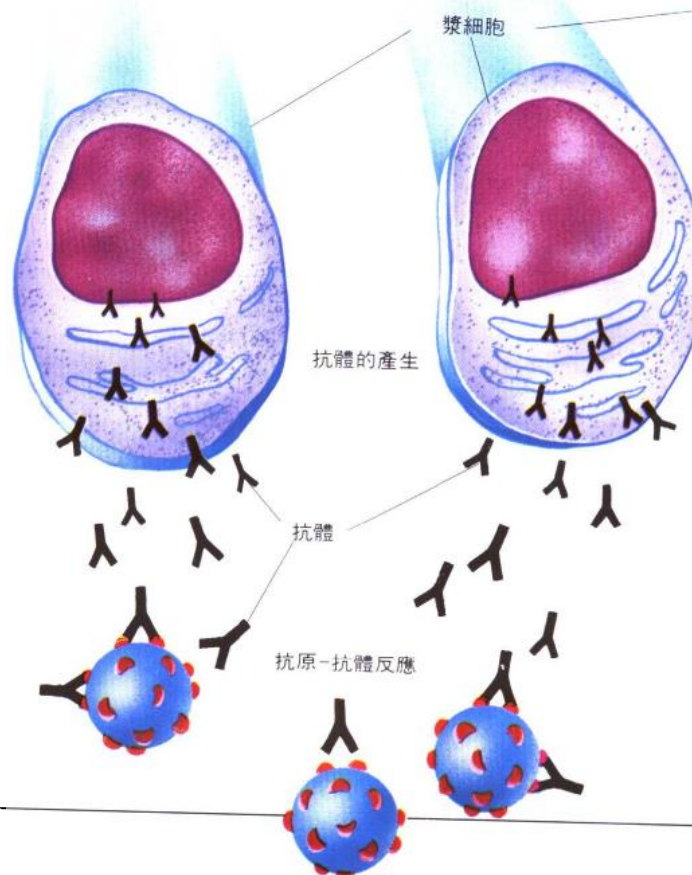
造成某些疾病的徵兆。

絕大部分的抗體是屬於暖性的，因為它們是在體溫下反應的；但是有些疾病進行時，所產生的抗體是寒性的，因為此種抗體和抗原只有在低於體溫情況下，才會有反應。

抗體常是依照它們的特異反應加以分類。舉例而言，凝集素(agglutinin)是一種可造成凝聚現象的抗體，可使抗原—抗體複合體附在一起；調理素(opsonin)則存在血液中，使抗原抗體複合體易受吞噬細胞或可消滅外來物的體細胞攻擊。反應素(reagin)是常在有過敏的人皮膚上發現的一種抗體，被認為會引起有關過敏的種種問題。有關過敏的奧秘，請參閱第七冊190~191頁敏感(Allergy)。

初生時的抗體

通常在嬰兒出生就有抗體存在，這些抗體是母親藉著胎盤及初乳而授給嬰兒的。有些抗體似乎在一與外界的抗原接觸後，



B淋巴球作用模式。每一淋巴球有認清特定抗原的能力，在認清抗原後，淋巴球便開始增殖與分化；有些淋巴球會記住抗原的特性，而有些則變形成為專門產生抗體以阻斷抗原作用的細胞。

折射 Refraction

在天氣晴朗的夏日，如果去海濱野餐，在一面吃三明治，一面眺望海景的同時，也許會注意到某些很有趣的現象。涼風吹拂海面，海浪起伏湧動，這些波浪以迂迴曲折的路徑，向海灘逼近。注視著落日，對眼前的美景讚嘆不已。而夜晚不知不覺地來臨了，氣溫也逐漸降低。此時，好奇心將受到某些事物的驅動——浪濤拍岸的聲音，在幾小時前是完全聽不到的，現在却聽得清楚分明了。

上面提到的現象，是有關波動折射(wave refraction)的兩個例子。當波動行進的速度改變時，會導致波動方向的變化。玩過衝浪板的人都知道，水波在深水區域的速度較快；當水波以一個角度接近海灘，它的速度會逐漸變慢。換句話說，離海灘較遠的波浪，會以較快的速度向海岸行進，愈靠近海岸則速度愈慢，如此一來，波浪到達海灘的過程，便顯得有些曲折了。

基於相同的道理，聲波在溫暖空氣中的速度，較之在冷空氣中的波速為高。夜晚的降臨，促使海水的溫度降低，海水又冷卻了靠近海面的空氣，當波濤聲向海面上空傳遞時，聲波撞及溫度較高的氣層而被反射下來，進入我們的耳朵裏。如果靠近海面的空氣也是溫暖的，則由海面向上空傳播的聲波，將會在天空中消失無蹤。

這兩種折射現象的發生，是起因於水波由一個區域進入另一個區域時，速度有所改變。如果水波在第二區域中的波速較第一區域中為慢，那麼，水波由第一區域進入第二區域後，其方向會偏向法線——垂直於兩區域接面的線。就海浪的例子來看，在深水區域行進的水波，由於速度較快，將會趕上淺水區域的水波，而使重合的波緣較平行於海岸線。

如果波動在第二區域中的速度，比在第一介質中來得快，便會發生相反的情形。波動由第一介質進入第二介質時，它的方向將偏離法線；而若波動在接近兩介質的交界面時，入射方向與法線所夾的角度夠大，那麼它將會完全被反射回去，無法再進入第二介質之中。在夏夜裏，由於靠近湖面的空氣較冷，當聲波要由冷空氣層進入暖空氣層時，如果入射角太大，便會發生全反射現象，致使聲波只能在冷空氣層中傳遞，而無法進入暖空氣層。

光

和水波、聲波相同，光波也可以被折射。只需拿一支手電筒照射稜鏡，便能夠看見光波的折射現象。光波在空氣中的速度比在玻璃中要快，當光束由空氣進入玻璃時，它的前進方向會偏向法線；隨後，光束由玻璃進入空氣，它又會被偏折射到原來的方向。

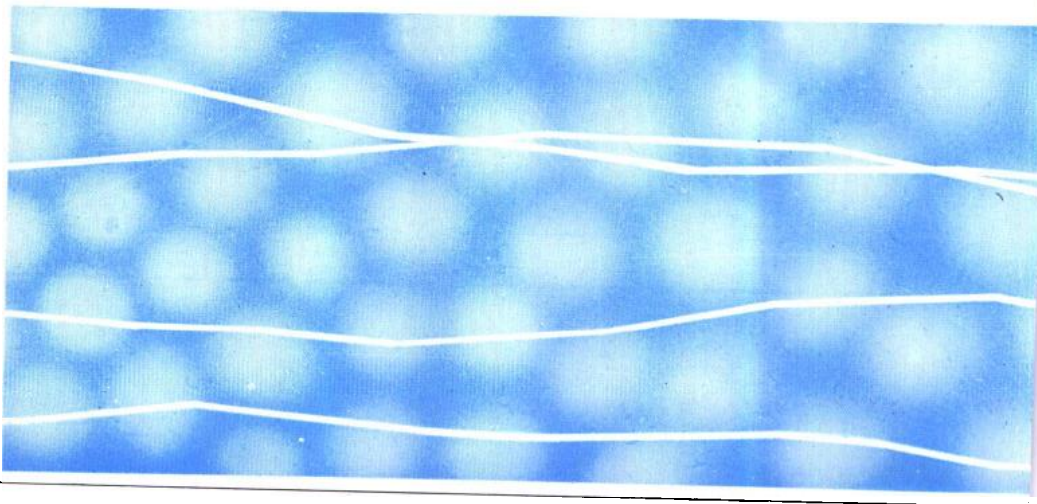
光波的傳遞並不需要介質——僅就這一點而論，它和水波、聲波之類的波動全然不同。在水波行進的過程中，原本平靜的水面會出現漣漪，而就某種意義來說，光波本身就是一種「漣漪」——它是由一系列變動中的電場和磁場所組成的(時空中的某些區域，可以使進入該區域的物體都受到力的作用，這種區域被稱之為「場」，例如在磁棒所產生的磁場中，鐵屑會受力而排列成特殊的圖案)，磁場的改變會產生電場，電場的改變又產生了磁場……，而因為光波具有「自我推進」的本性，它完全不需要任何物質來充作傳遞波動的媒介。也正由於這原因，光波和電磁波可以在真空中——例如外太空——行進。

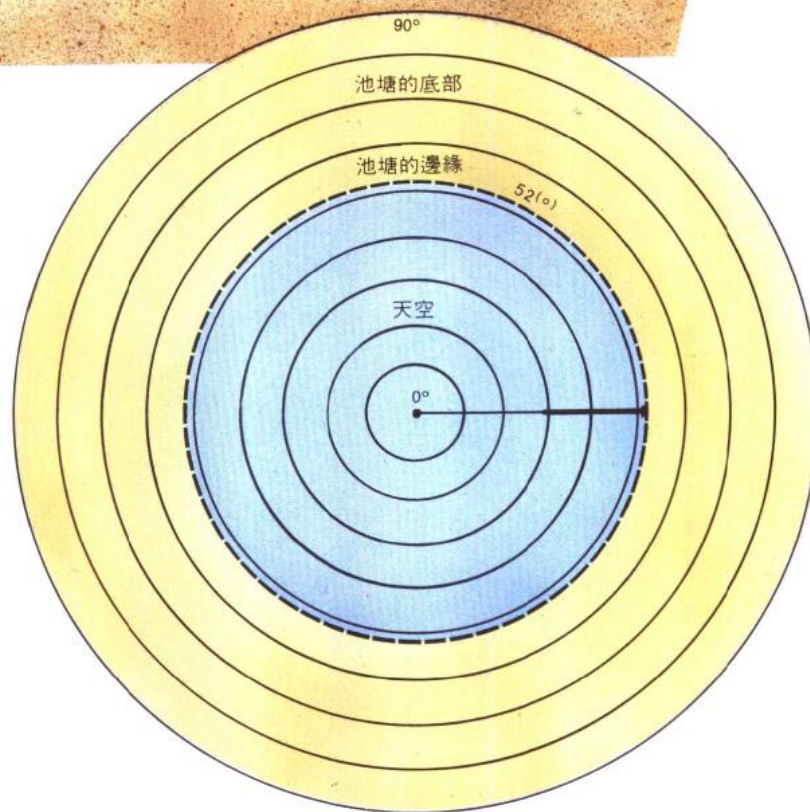
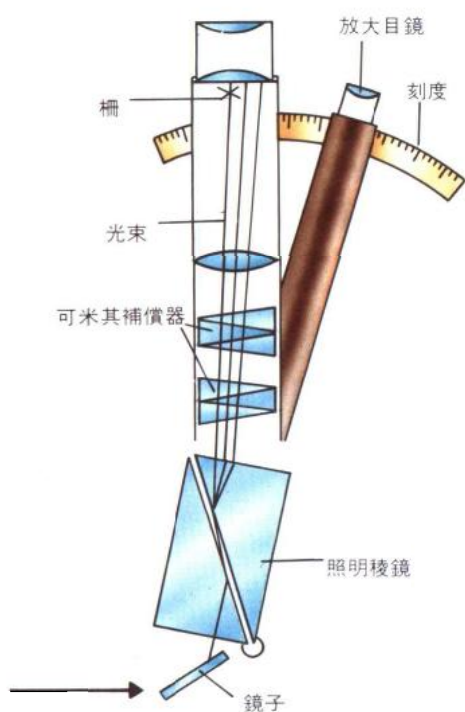
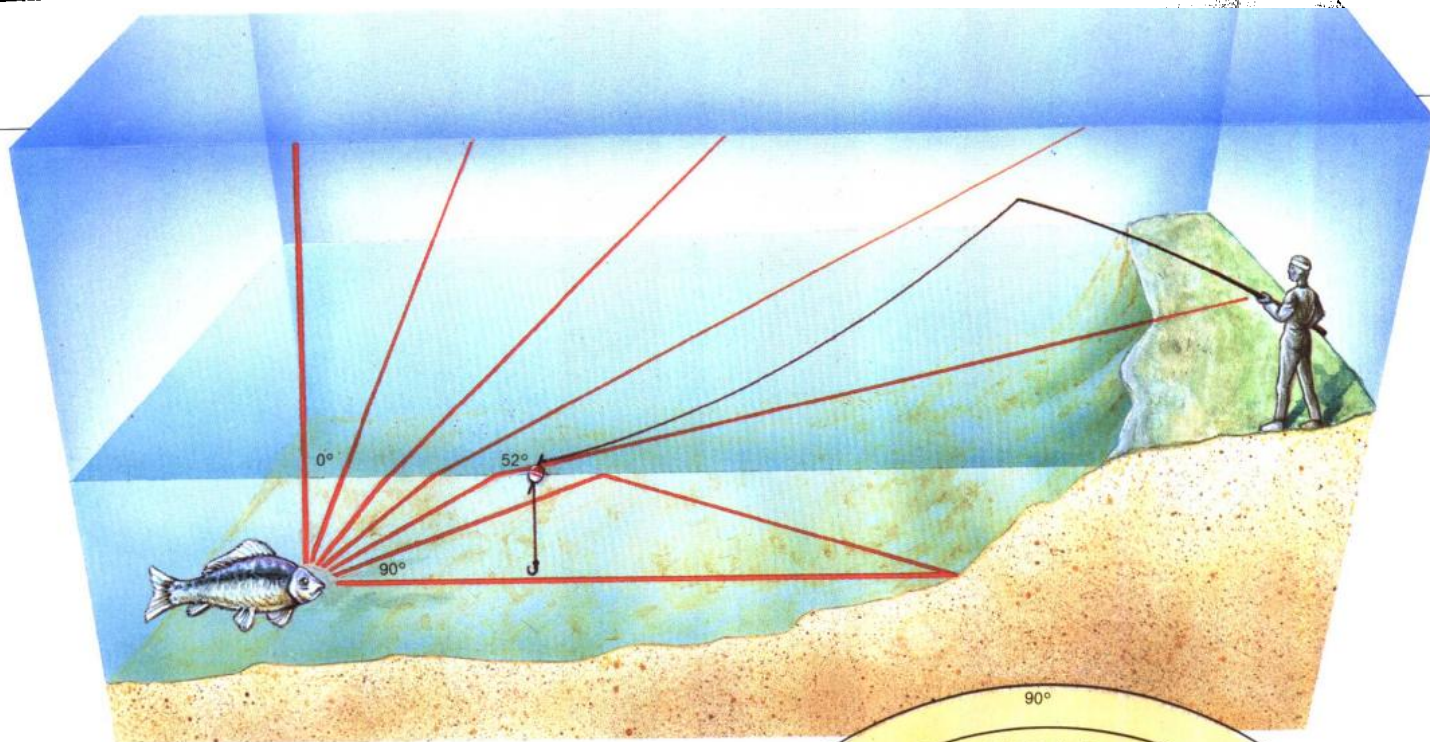
既然光波的存在與傳遞並不需要介質，那麼為什麼在不同的介質中，光波的速度會有所差異呢？這是由於光波進入介質之後，與鄰近原子之間發生相互作用的結果。每個原子都有電子，電子是帶負電而環繞在原子核四周的微小粒子。當光穿越這些電子之間的空隙時，會引起電子的振動，因而產生了可變電場，同時伴隨著可變磁場的產生，如此更迭重複，便產生了另一個電磁波，這個電磁波與原先的光波交互作用，導致了光波速度的改變。

上述的效應，乍聽之下似乎很抽象，但這却是把筷子插入一杯水中，筷子看起來被彎折成兩截的原因。如果我們得知水的

折射係數，便可以算出這個彎折角度的大小。某介質的折射係數，等於真空中的光速(299000 公里/秒)除以光波在介質中的速度。

下：圖中顯示光線在熱空氣和冷空氣中折射路徑的不同。照片中的操作者正在使用一座稱為折射儀的實驗裝置，以測量各種物質的折射率。右下：折射儀工作原理的簡略圖示。





上：池塘裏的魚能夠看清水中的物體，是因為水面上方的光線經由折射和反射的過程，再進入魚類視覺器官的緣故；下：圖中的圓圈表示在不同的視角之下，魚所見到的光線是由水面上方折射進入水中的，或是經由池中物體反射而被魚看見的。

假設某介質的折射係數為 n ，入射光與法線的夾角——入射角——為 x ，折射光與法線的夾角——折射角——為 y ，則 $\sin X = n \sin Y$ 。欲求得某角度 θ 的正弦函數值(即 $\sin \theta$)，可想像一個直角三角形，以此角的對邊比上斜邊。這個數值可用以描述類似折射的情況，各種力的平衡。上述的關係式被稱做斯耐爾方程式 (Snell's law)，這個定律對任何形態的波動都成立。

放射化學 Radiochemistry

由於某些放射性元素特性的新用途之發現，許多久被科學家認為是神秘的過程，現在已漸漸被明瞭。放射性原子容易被追蹤，因為它們定期地放出容易探測到的粒子。研究關於放射性元素的用途及製備的科學叫做放射化學。

同位素及放射性同位素

每個原子的核子都含有質子及中子的粒子(最常見的氫原子核只含有一個質子)。同一元素的所有原子均含有相同數目的質子，但它們可以含有不同數目的中子。同一種元素中的原子，如果含有不同數目的中子，這些原子便叫做同位素(isotope)。

pe)。

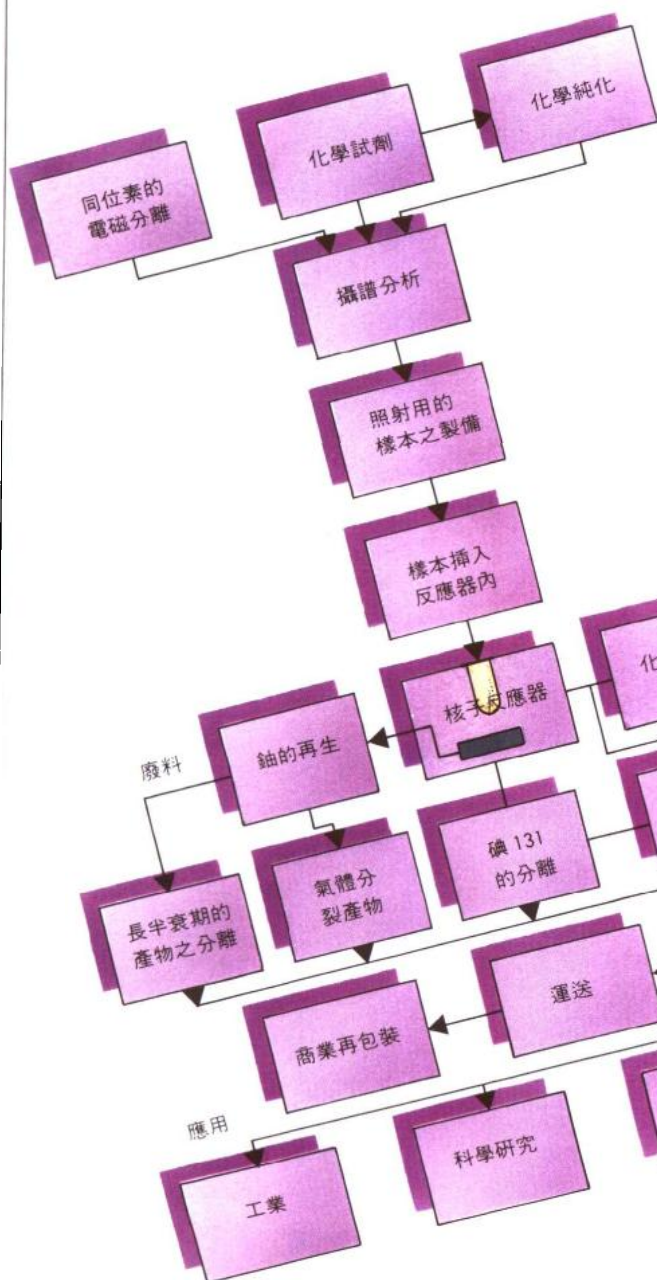
大部分的元素均可有數個同位素，其中之一幾乎佔了所有天然產的原子的絕大部分。有些元素是由同位素的混合物組成，雖然所有的氯原子的原子核均含有十七個質子，其中約有百分之七十五的氯原子有十八個中子，而另外的百分之二十五有二十個中子。同一元素的同位素其化學特性是相同的，亦即，在相同的化學反應中，它們以相同的量來與別的反應物相結合，而所得到的產物也具有相同的特性。

因為某些同位素的原子核是不穩定的，它們會放出各種形式的粒子。這些同位素便叫做放射性同位素(radioisotope)，像

其他同位素一樣，它們在化學特性上和同一元素的其他同位素是沒有差別的。因為它們具有放射性，所以在化學反應中，它們很容易被探測出來。因此，放射性同位素對那些需要化學知識的科學家、醫生、工程師等人是很有用的。

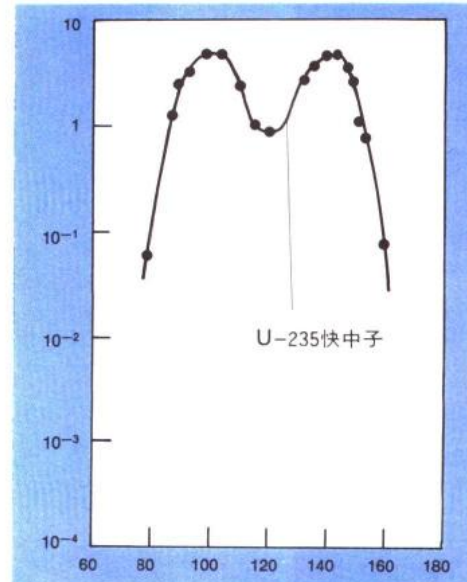
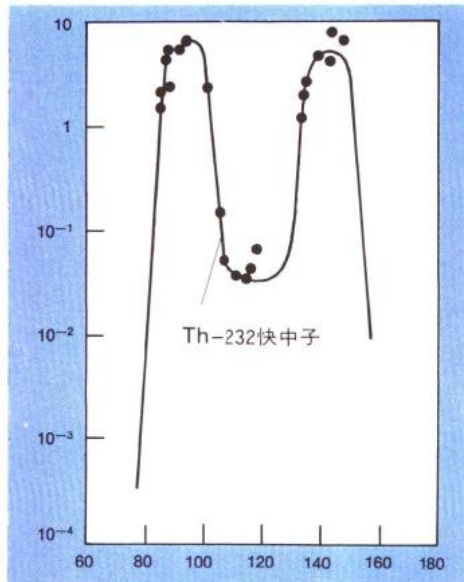
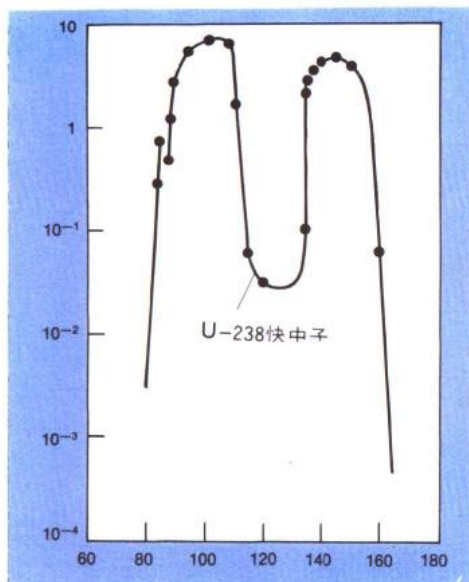
放射化學品之製備

早期的放射性同位素的使用者僅限於使用那些天然產的放射性同位素，例如鉛及鐳。在西元1930年代，由於粒子加速器的發展，這種機器是用來加速帶電的粒子，例如質子及電子。當速度加到很高的時候，便把它們解成原子的核子。利用這



生產放射性同位素所用之主要核反應

反應	符號	實例
中子- γ	(n, γ)	${}^{59}_{27}\text{Co} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{60}_{27}\text{Co} + \gamma$
中子-質子	(n, p)	${}^{32}_{16}\text{S} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{32}_{15}\text{P} + p$
中子- α	(n, α)	${}^{35}_{17}\text{Cl} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{32}_{15}\text{P} + \alpha$
中子-分裂	(n, f)	${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{140}_{54}\text{Xe} + {}^{94}_{38}\text{Sr} + 2 {}^1_0\text{n}$



種方法，就可以由天然產的放射性同位素來人工製造其他的放射性同位素。

在西元1950年代，隨著核子反應器的建造及運作，大量生產放射性同位素也就成為可能。這些設備可以產生龐大數量的中子，當元素被中子撞擊之後，它們就轉變成放射性同位素。這些同位素可以利用質譜儀加以分離。

放射化學的用途

由於放射性同位素可以大量獲得，改革了整個放射化學。現已發展出新方法來控制及探測放射性同位素，並已建造了放射化學實驗室來研究放射性同位素及其用途。因為某些類型的放射線是很危險的，為了這些實驗室，也就建造了遠離隔絕區域而用遙控裝置來操作的特殊儀器。

由於放射化學家的努力，在科學上、醫藥上、工業上、農業上、及其他領域，產生了應用所導致的豐富成果。放射化學藥劑的一項主要用途即用來追蹤複雜的化學反應的路徑。醫學研究者用它們來追蹤人體內的反應過程；農業研究者則利用它們來觀察植物對肥料的吸收。地質學家用它們來研究侵蝕；工程師用它們來研究潤滑表面的磨損。放射化學藥劑用到醫學上做診斷及治療的，叫做放射藥劑。放射性物質也是最廣泛被用來做為推斷年代的方法。最後，放射化學藥物是用來分析一物質的化學組成的一種重要工具，可用來檢查極微量的樣品，可達 10^{-9} 公克的層次。

放射性 Radioactivity

西元 1896 年法國物理學家白克萊 (Antoine Henri Becquerel)，在做有關物質的螢光性的實驗時，不慎遺留了一組已拆封的照相用感光板，而這組感光板正巧放在化學元素鈾的旁邊。雖然兩者都確定沒有被陽光照射過，但後來當他檢視這組感光板時，發現它們全都變黑了——就像是全被太陽光照射過一樣。白克萊根據這個發現而得到一個結論——化學元素鈾必定能像太陽發射可見光一樣，發射出某種東西，而能使得感光板感光。事實上，這種從鈾元素發射出來的能量，即為現今我們所熟知的一些其他化學元素亦具有的特性——放射性。

核子結構

在要了解放射性物質的特性之前，得先知道原子的基本結構。自然界中，已被發現的元素 (超過 100 種) 均是一個一個的原子，而每一個原子都擁有一個中心原子核，和圍繞著原子核的一羣電子。原子核帶的是正電荷，其外圍的電子羣帶的是負電荷；由於正電荷與負電荷的數目剛好相等，因此一個原子在電性上是保持平衡而呈中性的。組成原子的原子核，是二種粒子——質子 (proton) 和中子 (neutron)。中子是根據拉丁字「neutral」而命名，表示中性的意思，不帶電荷；而質子則帶有一個正電荷。典型的原子核中，中子數目通常是質子數目的 1~1.5 倍 (從最輕的元素 1 倍，增加到鈾的 1.5 倍)。例如有些較特殊的元素，其原子核中的中子數目，比其他相同元素的原子核中的中子數目要多出一個。像這種原子核中，有相同數目的質子數，却有不同數目的中子數的原子，我們稱它為同位素 (isotope)。

大多數原子核中的組成粒子和外力間，均能保持巧妙的平衡關係。然而，亦有為數不少的原子，其原子核無法長久保持現狀，而呈現相當不穩定的狀態。譬如鈾 238 的原子核中，有 146 個中子和 92 個質子，但如同其他具有放射性的元素一樣，必須調整原子核中多出來的中子數，以保持原子核的穩定性。這種調整的過程，稱之為放射性衰變 (radioactive decay)。

放射性衰變

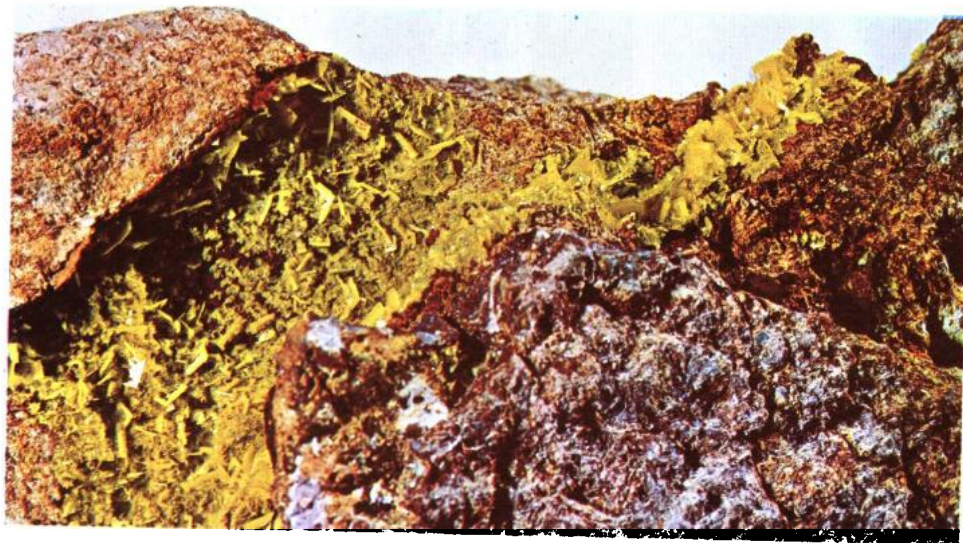
當一個原子的原子核不穩定時，它將以放射出幾種不同類型的粒子方式，來重新調整質子和中子的數目，以保持原子核的



上：氣泡室裏放射性粒子的軌跡。

右：幾種具有放射性的礦物。由上到下依序為銅矽鎂鈾礦 (cuprosklodowskite，針狀結晶)、鈣鈾雲母 (autunite，黃綠結晶) 和脂鉛鈾礦 (gummite，橘紅結晶)。

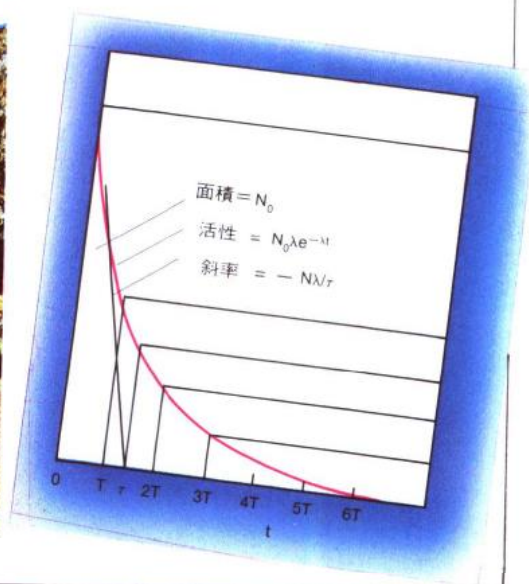
最右：一種礦物樣品的衰變與時間的關係。



要的一種。例如鈾原子的原子核中，原本有 92 個質子和 146 個中子，當它發射出一個 α 粒子後，鈾原子核損失了 2 個質子和 2 個中子，而轉變為 90 個質子和 144 個中子的元素——釷。

β 粒子(beta particle)——是一個單一的電子。在放射性衰變過程中，如果損失了一個電子，原子核本身的質量幾乎沒有改變，亦即質子數和中子數的總和並未改變，但可達到原子核反應過程中的電價平衡。因為原子核反應時，如僅放射 α 粒子，則原子的電子數將比質子多，為了達到原子電中性，因此也同時放射 β 粒子。

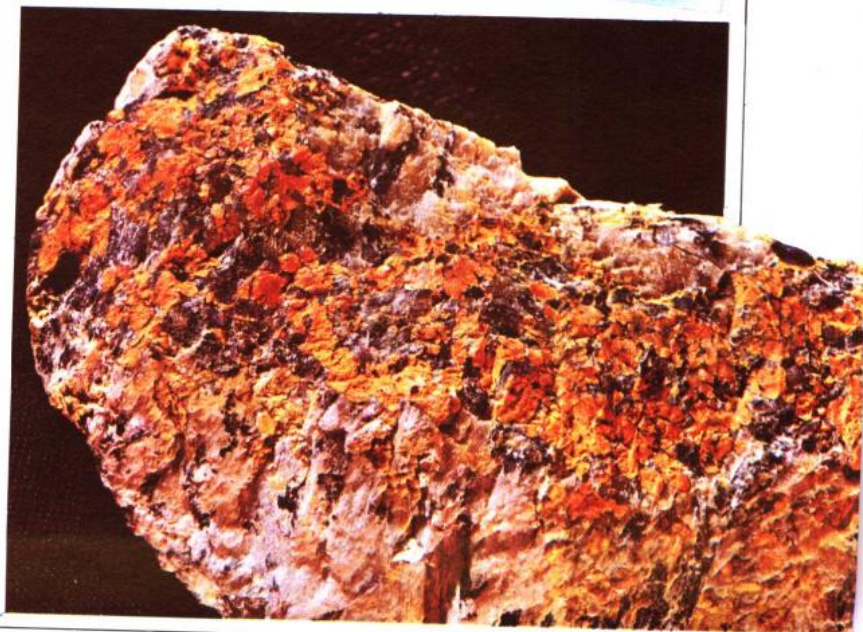
γ 放射(gamma emission)—— γ 射線既沒有質量又沒有電荷，因此很難稱它是一種粒子，它是由光子(photon)所組成的。 γ 「粒子」是以光的速度運行，由於原

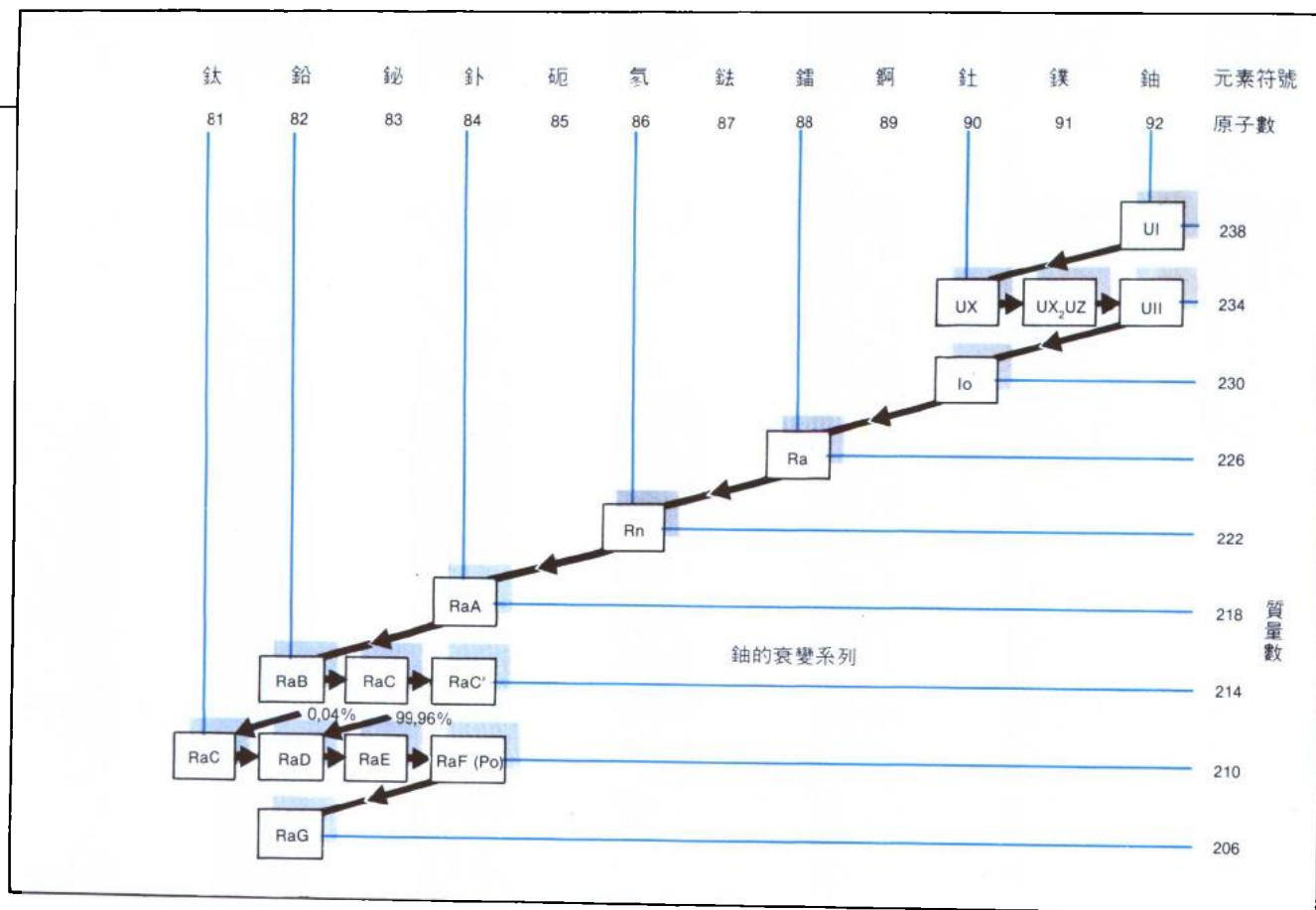


穩定性。這種放射粒子的過程，即稱為放射性衰變。對某些元素來說，衰變過程只要幾秒鐘，而有的元素却要費時數 10 萬年，才能完成。一個放射性元素經由衰變轉變成另一種元素，這個過程所產生的新元素，科學家稱它為子元素(the daughter of the first)。對於一些過重的原子核而言，經過多次的衰變是很平常的現象，因此在達到最終的穩定狀態前，經常會產生好幾個子元素。

放射性元素的原子核，在衰變過程中所放射的粒子，主要有下列幾種：

α 粒子(alpha particle)——氦的原子核是由 2 個質子和 2 個中子所組成，為放射性元素衰變過程所放射出的粒子中最重





子核的能量轉換，而引起放射；而能量的轉換則為原子核衰變所造成的，因為衰變後的子元素，常擁有過多的能量，所以必須要擺脫掉。因此在衰變過程中，經常有 γ 放射的現象。

半衰期

上述形態的衰變過程，所需要的時間長短不一，變化非常大。科學界將因元素而異的時間旅程，稱為半衰期(half-life)。亦即放射性物質經由衰變過程，減少為原有數量的一半所需要的時間。例如一個放射性物質，經歷兩個半衰期以後，則所剩餘的量將是衰變開始的量的 $\frac{1}{4}$ ($\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$)。半衰期的大小，是放射性物質的一個很重要的特性。特別是在我們學習如何去處理一些經由核子反應器或原子彈的爆炸，所產生的一些半衰期很長的人工放射性物質方面。對於地球上的生物而言，這些放射性物質有著極大的危險性。

自然和人工

二十世紀以前，所有的放射性物質均是自然產生的。鈾和一些放射速率緩慢的物質，已存在於地球表面及其核心；這都是由於太陽系形成之初，行星或大氣經常受到太陽或其他外太空來的放射線粒子轟擊的緣故。因為這類放射性物質而引起的輻

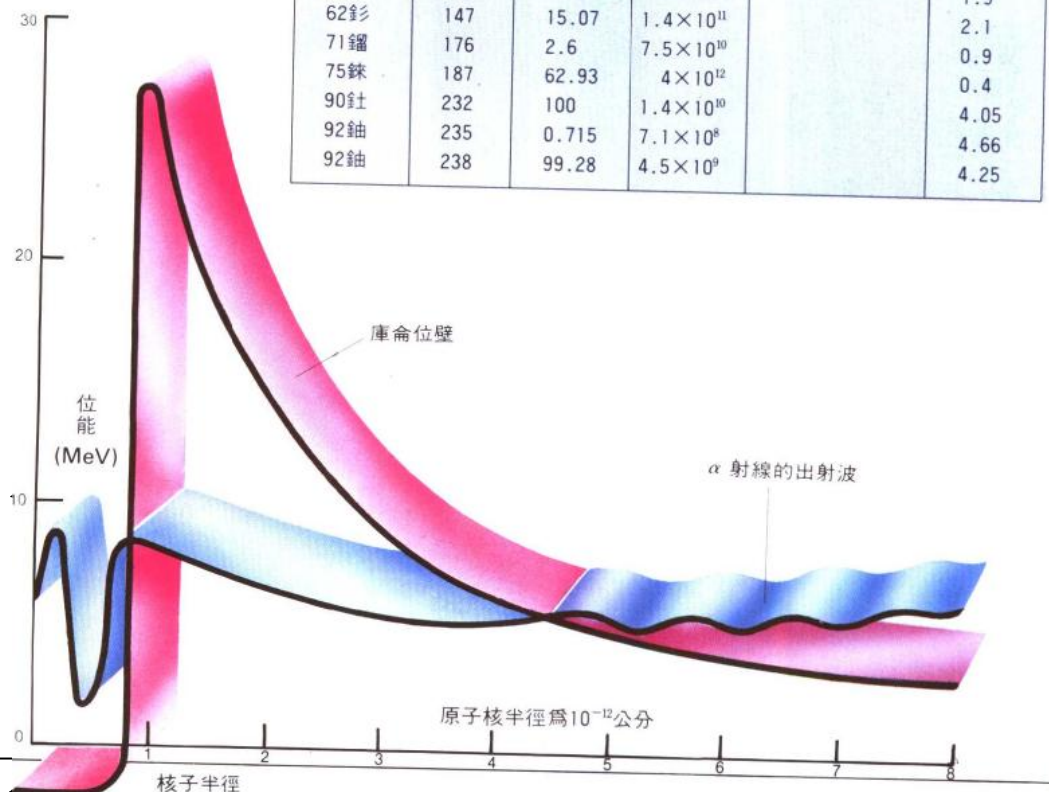
上：鈾的衰變系列，始於鈾238。

右：在自然界中放射性物質的特性簡表。

下：愈來愈強的庫倫位壁(Coulomb barrier)，會阻止入射的正電荷粒子靠近原子核。

自然放射性的核子元素

核子元素		同位素的百分比	半衰期(年)	所觀察到的放射躍遷	非積分能量(MeV)
原子數與符號	質量數				
19鉀	40	0.0119	1.2×10^9	氫的產生	1.4
37銣	87	27.85	6×10^{10}		0.3
49銲	115	95.77	6×10^{14}		0.6
52鐵	130	34.49	1×10^{21}		1.6
57鐳	138	0.089	2×10^{11}		3
60鈷	144	23.9	1×10^{15}		1.9
62鈾	147	15.07	1.4×10^{11}		2.1
71鐳	176	2.6	7.5×10^{10}		0.9
75銻	187	62.93	4×10^{12}		0.4
90釷	232	100	1.4×10^{10}		4.05
92鈾	235	0.715	7.1×10^8	鈾的產生	4.66
92鈾	238	99.28	4.5×10^9		4.25



射，稱為自然輻射(background radiation)。自然輻射在引起癌症和促進演化中，扮演著一個很重要，但不易為人所了解的角色。

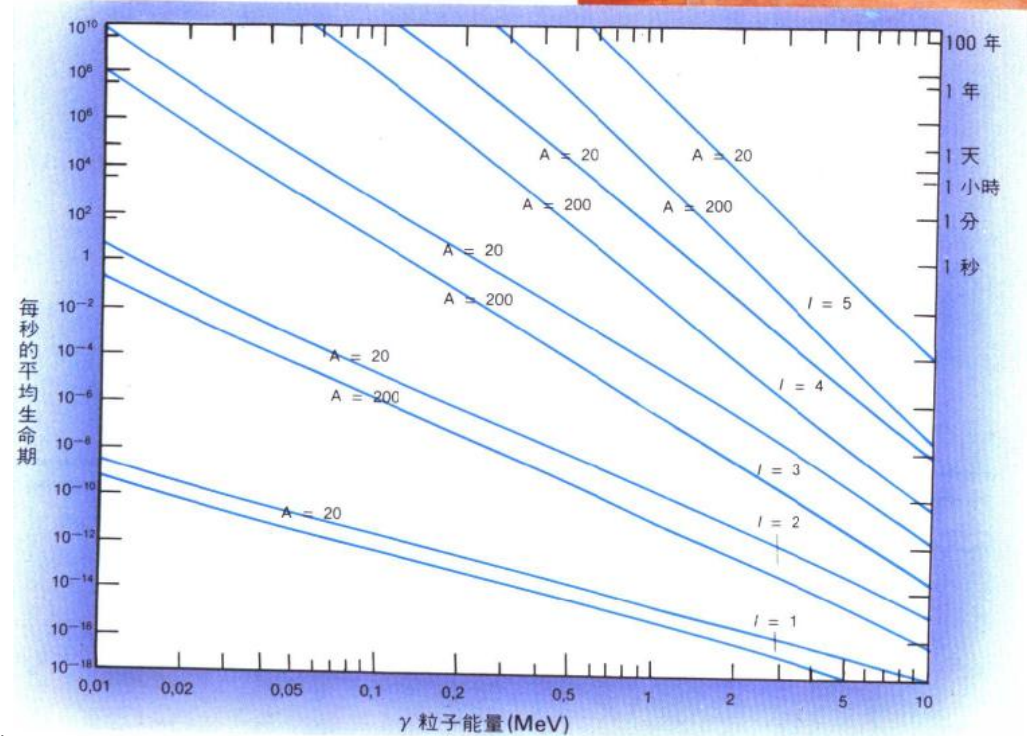
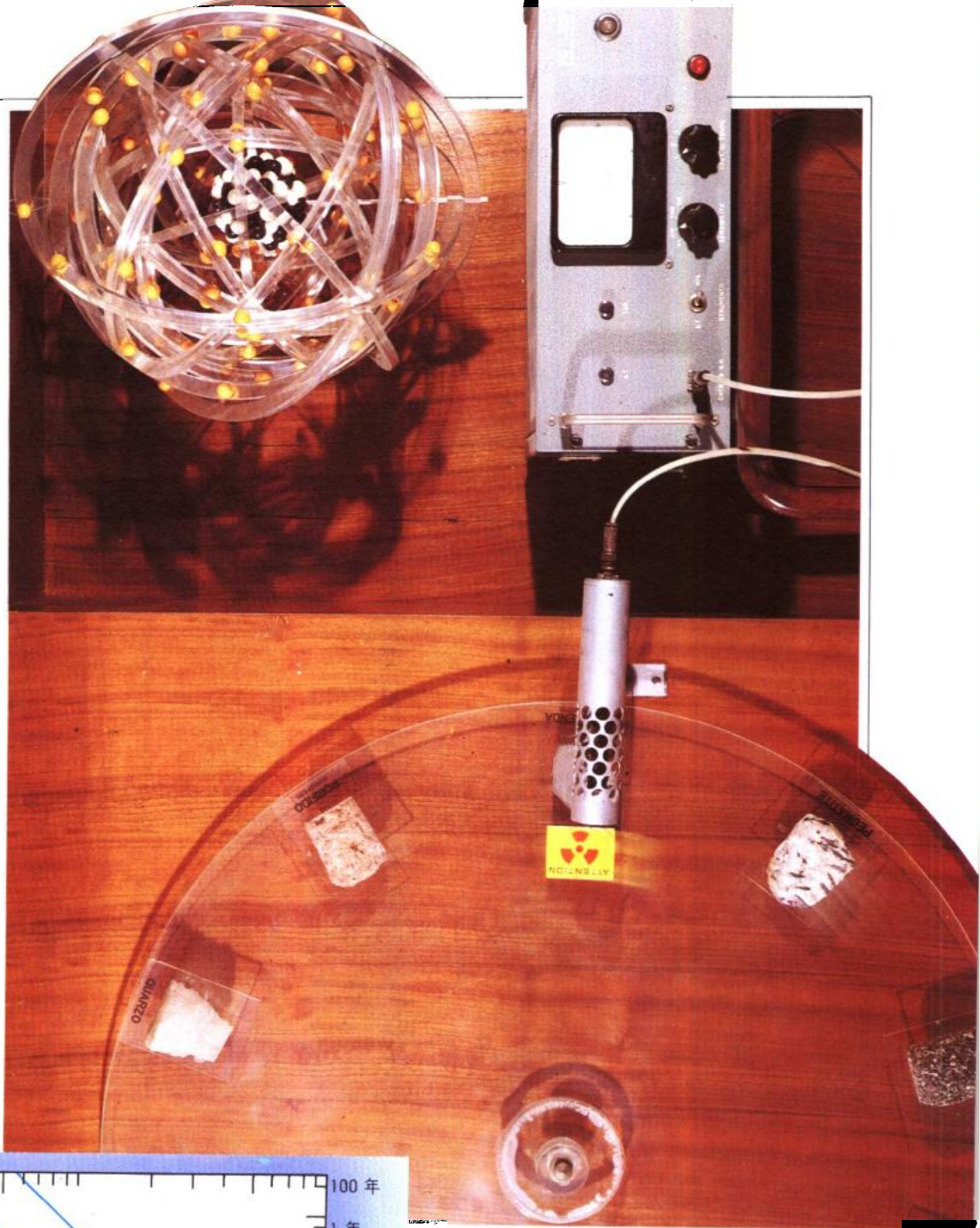
各地區的自然輻射量都不相同，例如美國科羅拉多州高地的輻射量，幾乎是紐約的2倍，它也可由生態或環境的管道而轉移，如有些種類的放射性物質能為魚類所吸收，而累積在魚的身體內。在高度工業化的國家，人類受到的最大輻射來源，則為醫學用的X光。

傷害性的輻射

若受到放射性輻射的照射，雖然是極少量的輻射源所產生的，也仍具有相當的危險性。 γ 射線會產生游離效應(ionizing effect)，對一般人體的組織有很大的傷害能力。游離是涉及到從人體組織的原子

右：蓋格計數器(Geiger counter)與不同的放射性礦物樣品。

下：放射性原子的平均生命期與其 γ 射線能量的關係。A是具有某一個 ℓ 值的原子質量數。圖中每條A值的曲線，代表質量數對平均生命期的影響關係。



中，移去電子的一種過程，其強度是以雷得(rad)為單位(任何物質當能量達吸收100 耳格時，即稱為雷得)。假如輻射量相當多，如在400 雷得的範圍，則會破壞神經組織和大腦而造成死亡。甚至較低量的游離輻射，也會影響骨細胞、生殖器官、胃的內部組織和血管。一般在受到幾百雷得的輻射照射後，會引起輻射症狀，而有致命的可能。若人體暴露於任何強度的輻射下，則很容易引起癌細胞的發生。

儘管放射性物質是很危險的，但對人類依然有很高的利用價值。其在醫學上的使用情形，請參閱第三冊186~187 頁同位素(Isotope)。

放射線學 Radiology

西元 1895 年，德國物理學家倫琴 (William Conrad Roentgen) 發現，當高速的電子撞擊物質時，就會產生高能量的放射線，這放射線稱作 X 光。X 光的發現被認為是近代科學重大的突破之一；同時也被證實在醫學領域的應用上極具價值，它顯示出一些明顯且具有強烈穿透性的特質。自從 X 光應用在醫學上以來，再加上其他有關放射線的更新發現，科學家們已經建立了一門新科學——放射線學。簡單的說，放射線學就是利用各種射線的穿透能力——包含 X 光和自然界某些有輻射能力的物質所釋放的穿透光與超音波等——穿過體內，面對體內的器官及組織做一個大致的了解。它可以檢查骨折的情形，也可以判斷和治療惡性腫瘤的生長。基本上，放射線學分成兩大系統：一為診斷性，一為治療性。

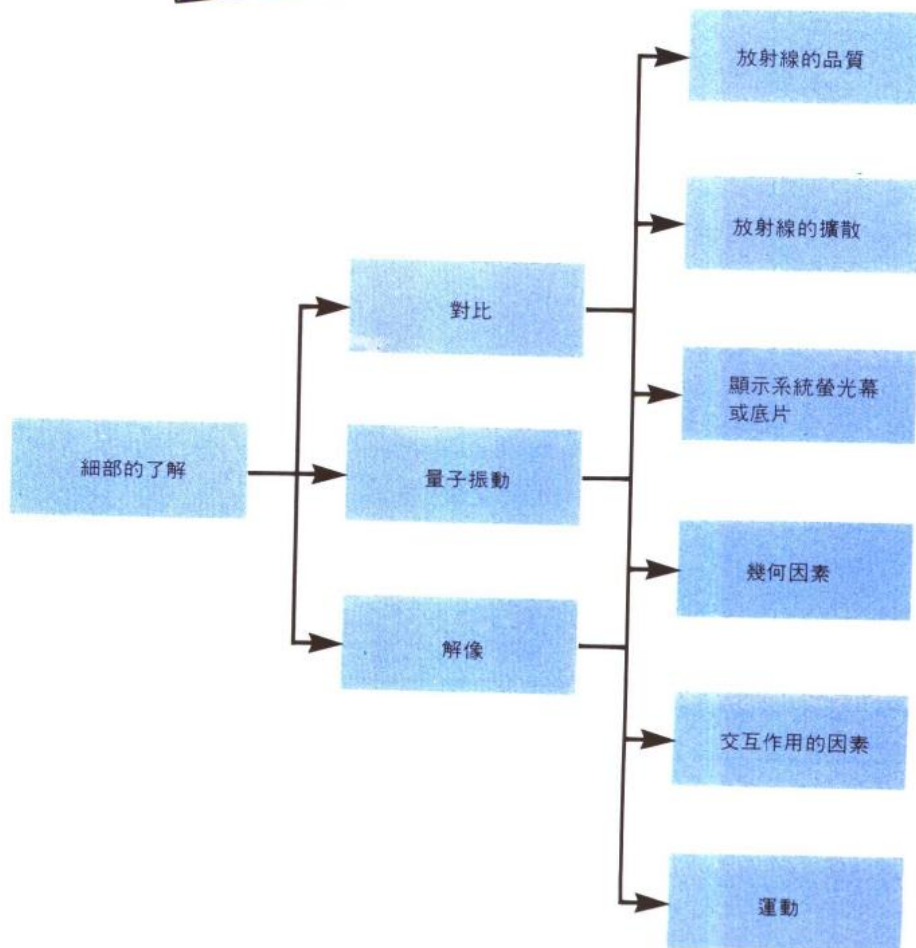
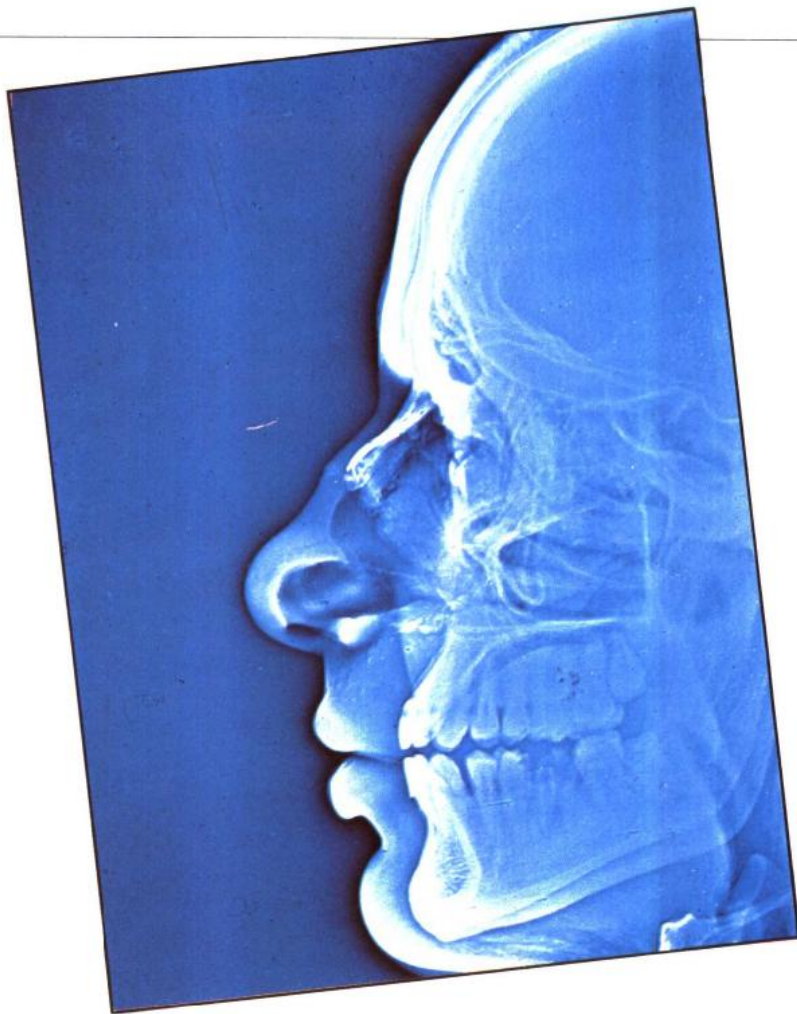
診斷性放射線學

診斷性放射線學 (diagnostic radiology) 最常使用 X 光，X 光是高能量的電磁波，可以穿透皮膚和大部分的人體組織。雖然 X 光可穿透大多數組織，但是仍會被體內較密實的骨骼和器官所阻隔。在離開 X 光光源的身體另一側，可放置一個螢光幕，這一螢光幕被 X 光擊中時，就會放射出光線。因此，在 X 光可穿透的部位，為光亮部分；而 X 光受阻隔的地方則呈陰影，於是就可看到一幅體內的圖片。如果醫師希望仔細探查體內某一部位，可以注射鉬鹽等物質到那個部位，如此可使欲檢查的部位明暗特別分明以易於檢查。最近在造影劑 (contrast media) 方面的進步，使我們可以經由小導管把造影劑注入較大的動脈或靜脈，而達到我們想要檢查的任何部位。這種技術在尋找與血管有關的腫瘤方面的疾病尤其有用。

如果需要螢光幕的照片，也可以直接由此方式獲得；這種技術稱為螢光攝影術 (photofluorography)。許多人都照過這種半透明的 X 光片，上面可以看到自己的骨骼。

治療性放射線學

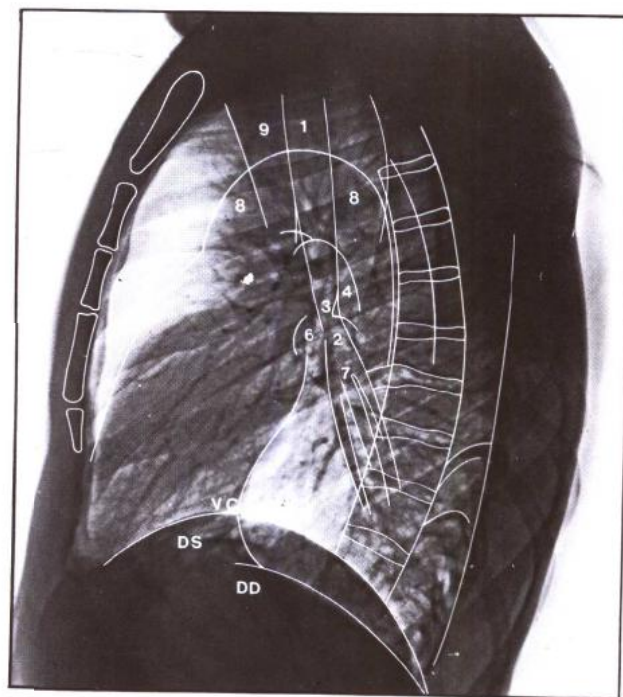
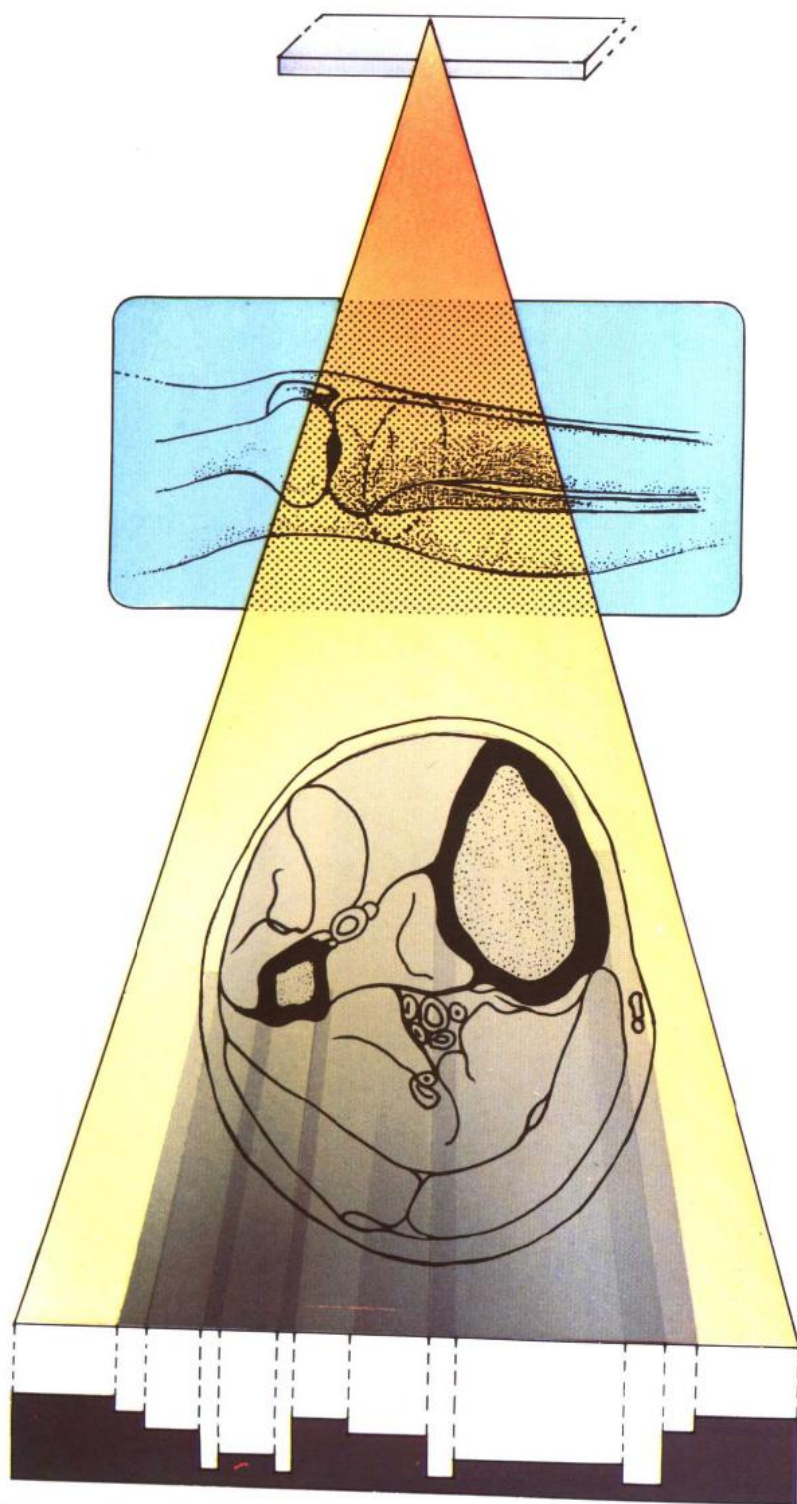
某些放射線可用來治療疾病。雖然 X 光也可以用來治療某些疾病，但是長久以來，疾病的治療多用 γ 射線 (gamma ray，又稱丙射線)。 γ 射線很像 X 光，也是高能量的電磁輻射能；兩者的差別在



下：X光成像的基本原理。X光比較容易穿過軟組織而不易通過硬組織。容易通過X光的組織在底片上顯出陰暗的影像，硬組織部分則顯出明亮的影像。

右：胸腔側面圖，同時指出診斷時，必須注意的重點。

左：臉部骨骼的乾式X光片。左下：影響影像清晰度的因素。對於X光片的解釋，至今仍是一門相當複雜且專門的學問。



於，X光是由電子激發的輻射，而 γ 射線則是自然物質所釋放出的射線。 γ 射線是任何會衰變的放射性物質所釋放出的產物(這些物質包括銥-137、鈷-60、碘-131等)。 γ 射線可以改變各種細胞的生長速度。若是把 γ 射線集中成光束照射在腫瘤上，便可以有效的殺死腫瘤細胞而不會傷害到周圍正常的組織。

科學家目前正努力尋找更好的方法去追求放射線治療的極致，例如如何選擇更好的放射物質、如何計算劑量和治療的時間等等。這是一項相當複雜的工作，只有受過高度訓練的專家，應用精密的儀器方可辦到。放射線學家大概是在醫院的診斷和治療過程中，最常受到諮詢的專家了。至今，放射線學和放射攝影學(形成放射線照片的學問)已經深入到婦產科學、心臟血管醫學、腦和中樞神經方面的研究、組織的治療和其他主要醫學的領域，自西元1895年發展之後，對於現代的醫學而言已經是不可或缺了。

參閱第九冊 202~205 頁愛克斯光(X Ray)。

昆虫 Insect

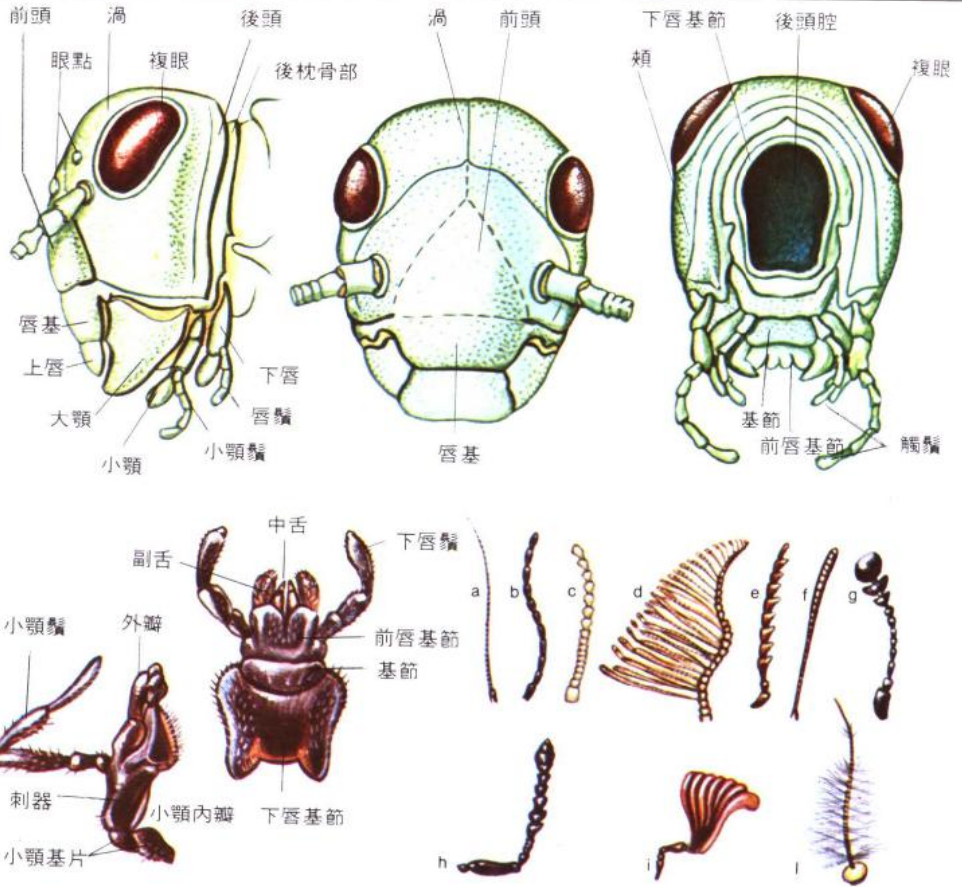
昆蟲可說是世界上數量最多的動物，保守的估計，目前約有一百萬種的昆蟲被人類鑑定出來，昆蟲學家估計約仍有 5 倍於已知的種類，亟待我們去加以分類。

動物分類上，昆蟲屬於節肢動物門 (Phylum Arthropoda) 的昆蟲綱 (Class Insecta)，其中有四個目最佔優勢，分別是鞘翅目 (Coleoptera)，代表動物如甲蟲，本目數量最多；鱗翅目 (Lepidoptera)，代表動物是蝴蝶和蛾類；膜翅目 (Hymenoptera)，代表動物是蜜蜂和土蜂；以及雙翅目 (Diptera)，代表種類是蒼蠅。上述的四目及其他昆蟲綱中的廿五目動物，大量地分佈於陸地和淡水中，我們唯一較難發現昆蟲的環境是海洋，這是甲殼類的棲生地，牠們是另一大類的節肢動物。

基本的構造

昆蟲最主要的特徵是體型小，絕大多數的昆蟲身長小於 6 公釐，不過南美洲的大力士甲蟲(Hercules beetle)，身軀巨大，身長達 16 公分，但若計算時扣去前角，則體型會較小。真正的昆蟲(即屬於昆蟲綱的動物)，在其腹部附近有三對分節的腳，而其他的無脊椎動物(invertebrate)，如蜈蚣則具有更多的腳。

脊椎動物的支架構造是體內的骨骼系統，昆蟲則是以外骨骼系統包圍軀體，外殼由幾丁質和較硬的鞣質所組成，幾丁質

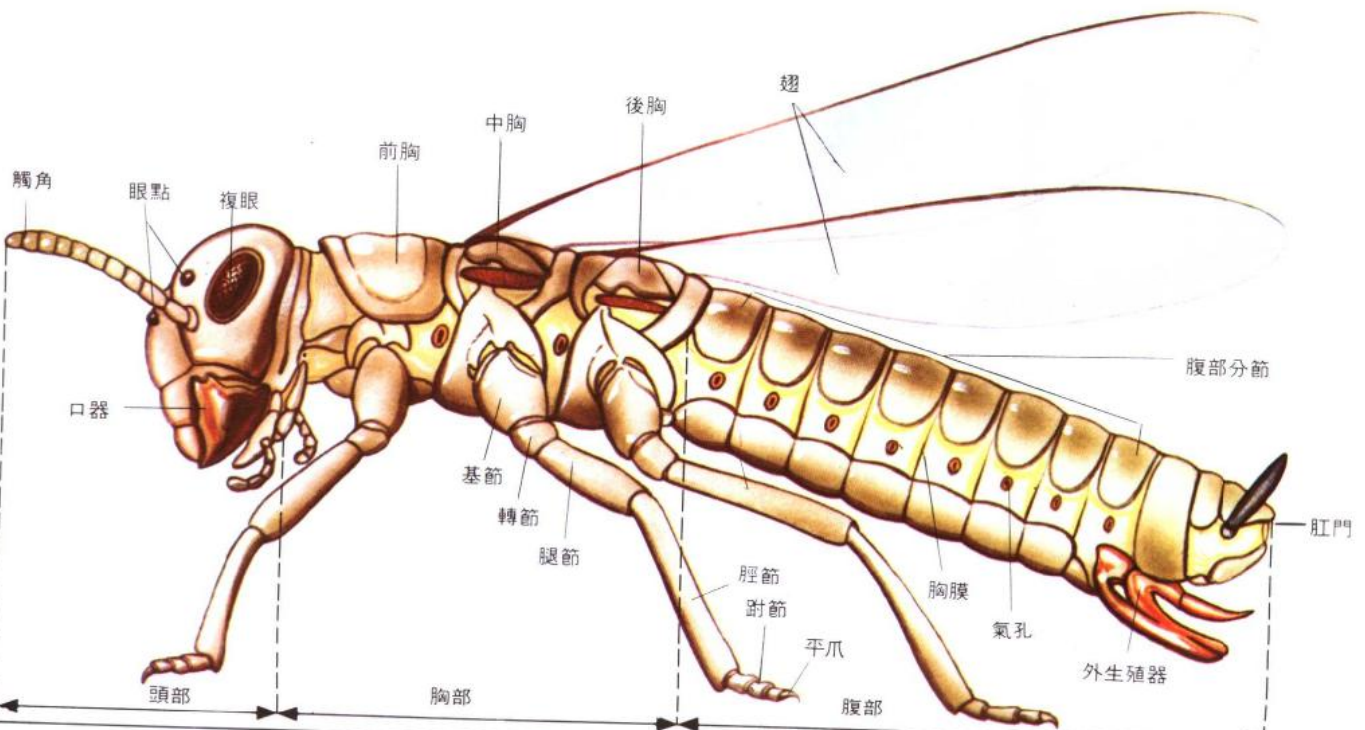


上：圖中表示昆蟲頭部和口器的一般構造。昆蟲的口器視其食物的差異，而有不同的演化，譬如有用於咀嚼和切割、咀嚼和吸吮，或咀嚼、 piercing 或切割等的區分。在較下一排的圖中，則是各種昆蟲的觸角，不同種類的昆蟲有不同的觸角，如圖中：

a. 長有剛毛的； b. 絲狀的； c. 單絲狀的； d. 梳狀的； e. 鋸齒狀的； f. 棍棒狀的； g. 棍棒帶花的； h. 彎曲成膝狀的； i. 薄片狀的； j. 羽毛狀的。

下：昆蟲的外部構造。

下：昆蟲的外部構造。





上：蒼蠅(雙翅目)複眼的顯微相片。

根長管子，可伸出水面呼吸空氣。

感官系統

昆蟲要比其他的無脊椎動物具有更完備的頭部，頭上有許多感覺器官和口器。昆蟲的視覺能力一般都是很敏銳，牠們的眼睛分為單眼和複眼兩種。單眼位於頭部上方，張開的樣子，則像小窗子，裏面有一小羣感光細胞，上面覆蓋一層由角質分化成的小透鏡。單眼只能察覺移動和明暗的相對程度。複眼是我們較熟悉的眼睛，複眼實際上是由許多的小眼所組成，家蠅的大型複眼是此中發育的極致。若接近觀察複眼，可看到其上有一道漂亮成帶狀的虹彩，閃閃發亮。藉由複眼的幫助，掠食性的蜻蜓可以追蹤非常細小的獵物，不過牠們看到的景象，包含在 28000 個獨立的小眼內，而形成一種複雜鑲嵌式的圖案。

若你曾仔細觀察過蟑螂爬過垃圾，或是

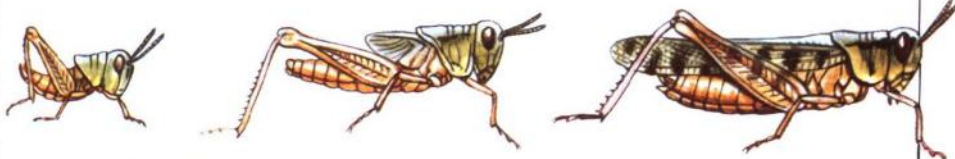
右：昆蟲發育的胚胎後期。無變態的昆蟲只改變其體型大小；半變態的昆蟲長出翅膀，並且分成兩期發育；全變態的昆蟲分成三期發育；過變態的昆蟲則演化出兩種幼蟲期。

無變態類(沒有改變的無翅亞綱)



成蟲

半變態類(有兩個胚胎後期且長翅膀的變態)



若蟲(稚蟲)

成蟲

完全變態類(有三個胚胎後期且長翅膀的變態)



幼蟲

蛹

成蟲

過變態類(有兩種幼蟲期且長翅膀的變態)



成蟲

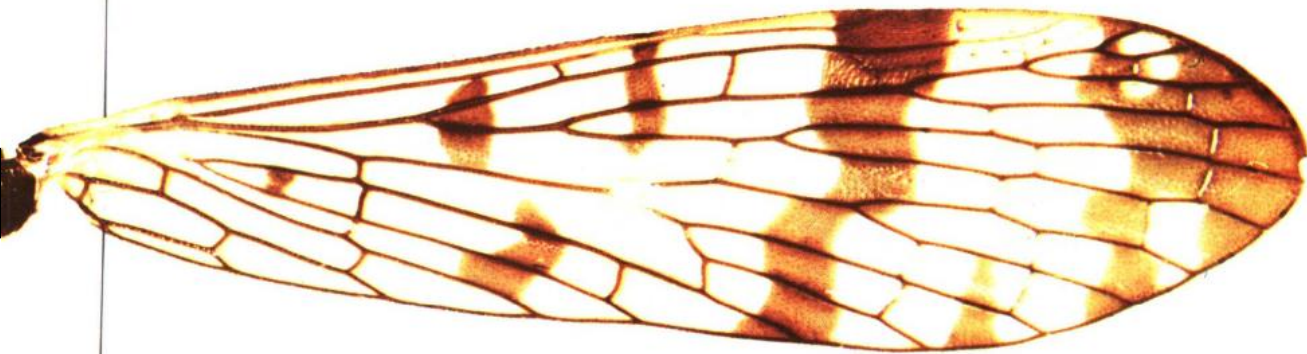
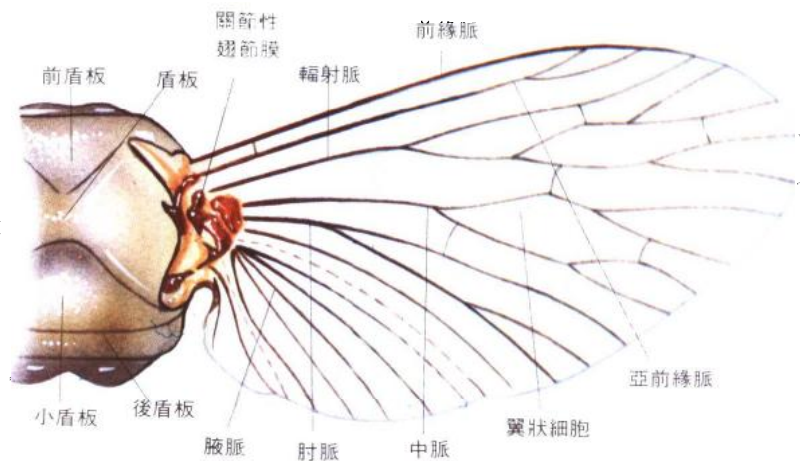
的成分是碳水化合物，類似人類的指甲，而鞣質則是一種硬蛋白質。昆蟲的外殼是有效的防水構造，最主要的功能是防止體內組織中水分的蒸散，而危及細胞的正常功能。外殼也是肌肉附著之處，這些肌肉使得昆蟲可快速的爬行或飛行。我們常見的蚊子和蜻蜓，牠們展翅振動空氣使身體在空中飛翔，就是兩個最明顯的例子。在昆蟲的腹部兩側有許多開孔，稱為氣孔，是氣體交換的孔道，氧氣經此孔而進入氣管，代謝後的二氧化碳亦是由此排出體外。水生昆蟲則演化出較巧妙的呼吸方式，例如鼠尾蛆(某些蠅類的幼蟲)，生活於池塘多泥的底部，牠們的腹部尾端有一

一隻螞蟥接觸一名同伴，你會發現這些昆蟲身上最活躍的部位是牠們的觸角，這些觸角永遠都在探索鄰近的四周。天牛會利用牠們棍棒型成刷狀的觸角，來偵測周圍的環境，每個觸角的表面積越大，則感覺的範圍也就越大。某些雄蛾，譬如歐洲的皇蛾和北美洲的月蛾，都具有大而且外形像羽毛的觸鬚，用來收集感覺雌蛾所發出的氣味，雌蛾利用軀體腹部的搖動，將牠的氣味擴散出去，一隻雄蛾在數哩遠的距離，仍可偵測到這種氣味。這種由雌蛾所發出的氣味，實際上是一種稱為費洛蒙的化學物質，是昆蟲種類用來傳遞彼此訊息的物質。

除了頭部之外，昆蟲在其身軀四周亦有許多細毛的構造，可以感覺周圍環境中空氣壓力、溫度和化學組成等的改變。蝴蝶和蛾類在其前腳更擁有特別的味覺受納器，而且在其翅膀亦有感覺性的鱗片，某些種類之中，這種鱗片也具有性吸引力。



上：顯示昆蟲胸部長出翅膀的體節。在較高等的昆蟲中，胸膜有前側板和後側板兩種鱗片構造。右圖的翅膀是一種膜狀的構造，上有翅脈交叉，可做為支持翅膀之用，翅脈並供給液體和神經至翅膀各處。



昆蟲的翅膀是由胸部的中背板和後背板部位向外側向折疊而成，翅膀由雙層膜所組成，附著於身體的部位，稱為關節性翅節膜。左：為長翅目石蠶蛾的翅膀。

人為攻擊對象，除了會咬傷人類之外，更會傳播傳染病。水生的昆蟲有許多具有掠食性的，如水蠓子和逆游蟲等。

即使在我們所熟知的蠅科昆蟲之中，牠們也有多變化的口器，家蠅在利用其分叉的攝食管子將食物吸入體內之前，會先將食物溶解。相反的，蚊子則具有一種孔錐狀的器官，可以刺入哺乳類動物的皮膚，吸食血液。蒼蠅和蚊子都是著名的帶菌者，蒼蠅會傳遞 30 種以上的細菌性和濾過性病毒疾病，最主要的原因是牠們攝食的範圍，除了一般食物之外，也包括動物的排泄物，兩者相混，造成疾病的傳染；蚊子則以傳染原生動物的瘧原蟲而著名，

口器

藉由感覺器官的幫助，昆蟲可說是極擅於尋找食物的動物。牠們基本的攝食工具是由三對口器所組成，在前面是一對寬闊的大顎，可以切斷並壓碎食物。大顎之後是一對細長的小顎，用以抓物。再後則是另一對更具有感覺功能的小顎。此外昆蟲亦擁有一個可伸出的上唇。一種棲於陸地上兇猛的斑螫，在其大顎上有許多牙齒，可以切斷獵物，牠的獵物也包括其他種類的昆蟲；蚱蜢則有鋸子狀的大顎，用於大力地咀嚼植物。

那些食性較特殊的昆蟲，相對的亦擁有特殊構造的口器來適應。臭蟲(bug 雙翅目)最重要的特徵之一，就是具有可以戳穿和吮吸功能的口器，某些雙翅目的昆蟲演化出以植物汁液為食，較常見的例子是一些農業上的害蟲，諸如蚜蟲、介殼蟲和水蠟蟲等等。至於鞘翅目、鱗翅目和膜翅目等的某些昆蟲，則有吸食動物血液和體液的演化，最常見的是埋伏蟲，牠們常以偽裝的方式棲息於花瓣上，使其他昆蟲不易察覺，待這些昆蟲停留在花瓣時，就會受到牠的攻擊。熱帶地區的食蟲椿象則以

瘧原蟲是形成瘧疾(malaria)的病原體，雖然人類在許多瘧疾流行的原始地區，已將此病根絕，但在某些熱帶地區的國家，瘧疾仍會造成人類的死亡。

蛾類和蝴蝶擁有一根盤繞如彈簧的攝食管子，稱為吻(proboscis)。每一種昆蟲均適應於利用某些花的花蜜為食，然而，亦有某些蛾類專以大型哺乳動物眼睛周圍的體液為食，印度蛾更進一步，以包括人類在內的哺乳動物的血液為食。

生殖

蟋蟀那種有旋律的唧唧聲，螢火蟲的螢光以及蝴蝶美麗明亮的色彩等，都是作為兩性互相吸引的憑藉。不同種的雌性昆蟲產卵的數量並不相同；由卵孵化成幼蟲可循下面三種方式之一進行：在原始無翅的昆蟲（如蠹蟲）中，蟲體發育生長，體型幾乎沒有任何的改變。臭蟲和蚱蜢在發育過程中，幼蟲會經歷一連串的蛻皮，脫去舊的外骨骼，長出新殼，而其翅膀和外生殖器則在最後一次的蛻皮中才發育完成。這種不完全變態和發育較複雜的昆蟲，如蒼蠅、螞蟥、甲蟲和蝴蝶等，牠們都是進行完全變態，幼蟲與成體的外形完全不一樣，同時在發育過程中均包括一個靜止的時期，稱為蛹期，是幼蟲和成體之間的過渡期，過了蛹期之後，就變態為成蟲。

某些甲蟲的發育情形甚為特殊，牠們的幼蟲期長達數年，然後離開牠們所居住的木頭，穿木而出，發育成蟲，但成蟲的時間甚短，只夠讓其交配產卵而已。毛蟲是蝴蝶和蛾類的幼蟲，通常牠們具有偽裝的保護色，當停留於食草（蝴蝶幼蟲的食物）時，不易被掠奪者發現。其他的種類（如赤蛾的毛蟲）則具有鮮豔的標誌，警告掠食性的鳥類，牠們是不好吃的食物。

處女生殖（又稱孤雌生殖 parthenogenesis）的方式，使得某些昆蟲得以具有極高的生殖潛力，蚜蟲就是一個明顯的例子。處女生殖也是社會性蜜蜂的特色之一，蜂王所產下的卵，若沒有受精，便發育成雄蜂。

社會性昆蟲

膜翅目的昆蟲有許多是營社會性生活的，尤其是以母性社會為主的例子，更是常見；在此種昆蟲社會之中，統治權操在一隻王后或多隻會生殖的雌昆蟲中，這些統治者本質上都是一個有效率的產卵機器，牠們由成千上萬無生殖能力的職蟲（工蜂和工蟻等）所照顧，王后的腹部能分泌一種「王漿」，供給職蟲之間傳遞用，以維持其社會的聚合力。雄蟲沒有口器，必需由職蟲照顧，為了節約起見，一個社會中具有生殖能力的雄蟲數量，一般都維持在足夠交配數量即可，多餘的雄蟲不是被殺死，就是被丟棄不管，任其餓死。科學家對於蜜蜂的了解較多，我們知道牠們擁有一種特殊而複雜的「舞蹈」，用來告訴同伴，新發現之食物的確切位置。

所有的社會昆蟲中，以白蟻（termite）

的生活最為神秘，牠們終日藏在自己築成的土質城堡中，牠們的壽命也是所有昆蟲中最長的，一隻后蟻和她的配偶，可在牠們婚室內度過 50 年以上的時間。和其社會內的其他白蟻來比較，后蟻的體型甚為巨大，長度達 25 公分，此外牠的產卵能力更是驚人，每日可達二萬顆。

非洲大草原上有一些土堆點綴於其間，有些土堆可高達 12 公尺，就是白蟻的傑作。這些土堆內，工蟻負責掘出土壤，尋找任何可當作食物的植物。白蟻能夠消化厚木塊，這是因為牠們的消化道中有單細胞的原生動物，這些原生動物可將堅硬的纖維素分解。

舒服的介殼蟲、臭蟲、蚤子和跳蚤了。在農業上，昆蟲的危害程度更是無出其右，牠們攻擊的目標幾乎是植物體的全部，從根到花，從種子到已收藏的穀物都有。西元 1880 年左右引入北美洲之韃靼蛾的毛蟲，以及歐洲南部的南歐松帶蛾（pine processionary）都對樹木和森林造成很嚴重的損害。

下：食蚜蠅（屬名 Syrphus）的交配情形，雖然牠們身軀有顯著的黑、白斑紋，但這種昆蟲卻不像蜜蜂或黃蜂一樣具有刺人的構造。地球上食蚜蠅約有 4600 種，而在美國即佔了 900 種。



澳洲羅盤蟻（compass termite）的巢也很壯觀，高達 3 公尺，成楔形，較寬的一面為東西向，較窄的一面則為南北向，這種建築型態，可能是要減少熱量進入巢中，而較窄一面的南北向，則是預防當地時間短而水量多的雨季，讓雨水可以很快的流出。

人類和昆蟲

人類和昆蟲的接觸，可說是一場長期性對抗疾病和災害的戰爭，光談蚊子和孑孓的為害就非常廣大，更別提那些令人不

由於昆蟲亦以其他昆蟲為食，生物防治（引入某一種生物來控制另一種生物的數量）是人類處理昆蟲問題的方法之一，不過生物在種之間的生態平衡極為複雜。因此生物防治的方法常會促使某一方生物形成優勢，而且這種方式在大區域之內，可行性亦不高。當人類發展出更精密的化學武器時，昆蟲亦演化出相對的抗藥品系，化學性的藥物似乎無法完全控制昆蟲，所以人類和昆蟲的戰爭至今仍在繼續之中。

參閱第十冊 52～53 頁變態（動物）（Metamorphosis）。

果實 Fruit

「果實」一詞，學術上的解釋是植物帶著種子的子房。花是植物的生殖器官，當子房內的胚珠經過受精作用後，細胞便不斷地分裂，子房也隨著變大，最後發育成果實。雖然提起「果實」，我們很快就聯想到蘋果、梨、葡萄等好吃的水果；其實，許多其他的食物像豆類中的大豆、玉米的穀粒、番茄、堅果類等，也符合果實的定義，這些都是植物的果實。

以收成的重量來比較，葡萄是世界上栽培最多的水果，其次是橘子和柑橘類，然後是香蕉、蘋果、橄欖、梨、桃、李、梅、鳳梨、檸檬、宜母子、葡萄柚及棗子。

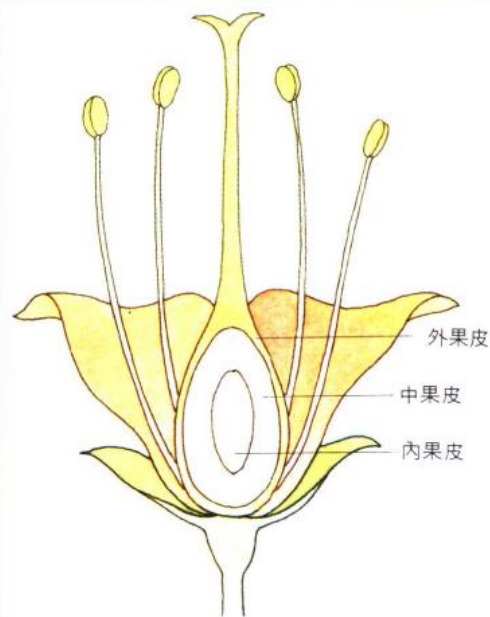
果實的型態

果實有四種基本型態：單果，每一個果實只由一朵花的單子房發育而成。單果又分乾果和肉果：單果乾果包括豌豆莢及乳

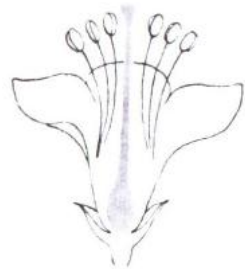
草類植物；單果肉果如：葡萄、香蕉、番茄皆是。聚合果，由許多單子果實(小核果)聚集形成的如：覆盆子、黑莓即是。複果，許多子房一起產生的組織，如鳳梨。最後是假果，假果的果實並不是植物的子房發育而成的，而是花的其他部位發育形成的；蘋果就是假果的一種，我們吃的果實部分實際上是果核周圍的莖組織(花托)發育而成的。

果實及其功能

植物的果實有一個功能，那就是保護並保存種子直到種子成熟，甚至果實還參與種子的散播。散播種子的方法有很多種，許多種子在極不利的環境下仍然可以生存；像椰子，很硬而有浮力可以漂浮，能夠被水帶到數公里以外的地方，沖上遙遠的沙灘，然後發芽。風時常是傳播種子的媒介，此外，鳥、昆蟲，及哺乳動物對某



這是花朵子房的縱切面，顯示子房所包含的三個主要部分，當子房轉變成果實後，這些不同的組織分化成果實的不同部位。



核果：圖例為桃子。果實的表皮是外果皮，中果皮是多汁的果肉部分，內果皮是果核。這三個部分形成的核果把最硬的種子包圍在最裏面。

漿果：圖例為番茄。一個果實是由一個子房發育成的。果實裏面充滿半固體的物質，種子遍佈在多汁的果肉裏。



蒴果：圖例是蒼尾。果實是由數個子房發育成的。蒴果成熟後會裂開，使種子四處散佈。



瘦果：圖例為胡荽。果實乾燥密閉，每個種子外面皆覆蓋一層薄膜。



堅果：圖例為榛果。堅硬的外果皮有時被苞片包圍，這種果實乾燥、密閉，不會自動裂開來傳播它的種子。

些種子的傳播也扮演著重要的角色。有些植物果實裏的種子有黏性，可以附着在鳥嘴上，由鳥類帶到森林去；有的種子表皮很粗糙或甚至於有很小的鈎狀刺，能附著在動物的毛皮或羽毛上傳送到他處；有些種子則是在動物吃了果實後，通過消化系統排泄出來再散播出去的。

果樹

果樹的生長形態可以由氣候和生長空間兩個因素來控制。有些果樹需要很大的空間，大到每棵需要 150 平方公尺的面積。在赤道的南北有兩個區域是所謂的溫帶地區，氣候溫和，適合各種果樹生長，例如：葡萄、櫻桃、草莓類、蘋果、梨、紅醋栗、桃子及堅果類。在亞熱帶地區、熱帶邊緣地區或溫帶較暖和的地方，柑橘類果樹及橘子、無花果等都生長得很茂盛。不同的果樹，栽植的植距都不一樣，必須

把果樹的開花習性和需光量都列入考慮。一般而言，種蘋果的適當植距約 12 公尺；李子和桃子的栽植植距約 6~8 公尺；橘子和檸檬的植距約 9 公尺；櫻桃植距約 7 公尺。數種主要果樹的其他生長條件說明如下：

蘋果：生長在溫帶最重要的果樹就是蘋果，世界各地都有種植。在英國，最普遍的品種包括阿林頓(Allington Pippin)及舵手橙(Cox's Orange)。此外，美國華盛頓州是著名的蘋果產區，紅元帥(Red Delicious)及黃元帥(Golden Delicious)是兩種最受歡迎的品種。在美國東部則以紅元帥及旭(McIntosh)兩個品種為主。美國生產的蘋果約有四分之一用於加工，製造蘋果醬及蘋果西打，其餘的則新鮮出售以供食用。

桃子：桃子生長在溫帶較溫暖的地區，需要較長的暖季以及只偶爾結冰的溫和冬

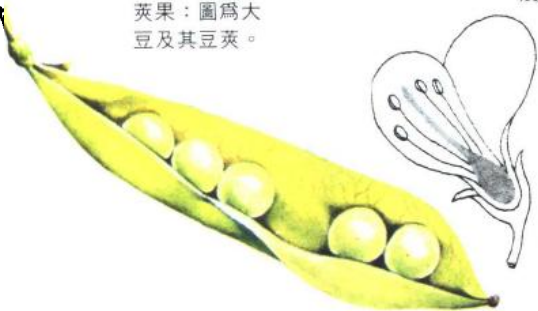
季。世界各地同樣都可以發現桃樹的踪跡。許多桃子的品種是專供加工用的，例如：巴羅洛及哈佛得(Paloro and Halford，果肉和果核不易分離)，以及伊伯達和金邱比利(Elberta and Golden Jubilee，果肉及果核容易分離)等品種是最受歡迎的。杏樹及李樹大致和桃樹一樣，需要相同的生長條件。

櫻桃：櫻桃分為甜櫻桃和酸櫻桃兩種，生長條件和蘋果一樣，因此在種蘋果的氣候帶都可以找到櫻桃。美國西海岸是甜櫻桃的最佳產地，酸櫻桃則主要產於美國紐約州、威斯康辛州以及密西根州。甜櫻桃一直受到喜歡的品種包括賓(Bing)及羅亞安(Royal Ann)，多用於加工製罐以及生產用於調味的。酸櫻桃如：門特摩連西(Montmorency)品種，多在製作「派」的時候才用。酸櫻桃每年在美國的產量是甜櫻桃的兩倍。

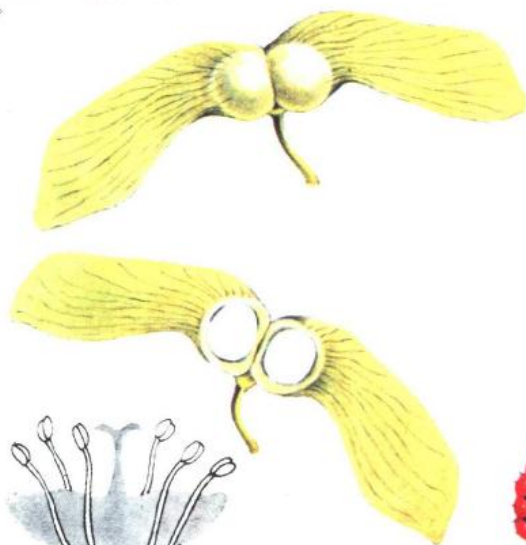


柑果：圖例為橘子。外果皮和中果皮形成整個果實的外皮，內果皮獨自成為每一瓣橘子的外皮。

莢果：圖為大豆及其豆莢。



瓜果：圖例為西瓜。外果皮形成堅硬的外殼，中果皮是柔軟多子的果肉。



翅果：圖例為槭樹的果實。果實上有兩個小翅膀，當它們從樹上落下時，翅膀有散佈種子的功能。

長角果：圖例為甘藍菜。它不像莢果，雖然果實密閉乾燥，不過裏面的種子有薄膜分隔；當果實成熟，薄膜便散開。



集合果：圖例為黑莓。它的果實是成串的小果聚集形成的。





上：果園內橘子成熟的情景。柑橘類果實在溫和乾燥的氣候下生長良好。這些果樹的根系一定很靠近地下水，或者灌溉充足，一個個長得很飽滿。

梨：梨樹比蘋果樹更需要溫暖的氣候，在歐洲及北美洲到處可見，主要產於加州。最為人熟悉的品種是巴梨(Bartlett)、伯斯克梨(Bosc)、的安周梨(d'Anjou)。梨樹對細菌的侵襲很敏感，容易產生蟲害，因此在潮濕的地區病蟲害較嚴重，產量下跌。

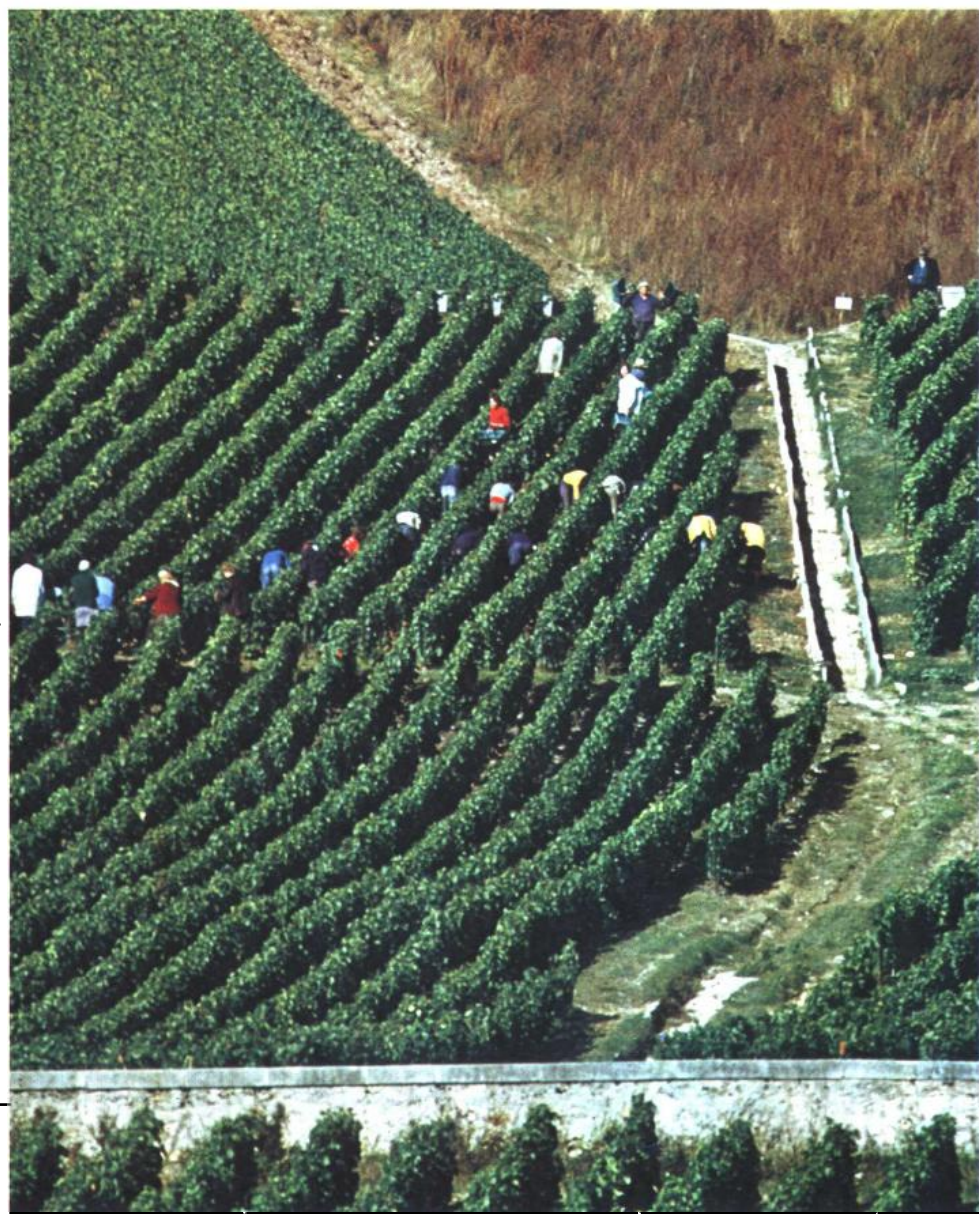
柑橘類：柑橘類果樹主要包括檸檬、宜母子、橘子及葡萄柚；數世紀前，隨著貿易商人從東南亞被帶到世界各地，現在在熱帶及亞熱帶地區都有很高的產量。橘子普遍受到各地人士的喜愛，葡萄柚只在美國及加勒比海地區銷路好，檸檬和宜母子不似橘子耐寒，因此需要在稍溫暖的氣候下栽培。

香蕉：香蕉是熱帶的主食，由於它具有

迷人的風味以及很高的營養價值，在世界各地同樣受人喜愛。香蕉的成分有 22% 是碳水化合物(大多是糖分)，其他還包含大量的維他命及灰分，通常直接生吃。一株主幹生長旺盛、結實纍纍的香蕉可高達 9 公尺。最普遍的品種是葛羅斯邁可(Gros Michel)、華蕉(Cavendish)及密蘇里(Mysore)。香蕉主要產於南美洲、中美洲及非洲、亞洲，美國可能是世界上進口香蕉最多的國家，其次是歐洲及西印度羣島。

葡萄：葡萄的用途很廣，它不但是甜美可口的果實，可以生吃，也可以用來釀酒、製造葡萄汁、醋及果醬；同時葡萄藤及葡萄架極具觀賞及遮蔭的價值。葡萄品種有數千種之多，大都用於釀酒，但只有極少數品種如：白里斯林(White Riesling)。

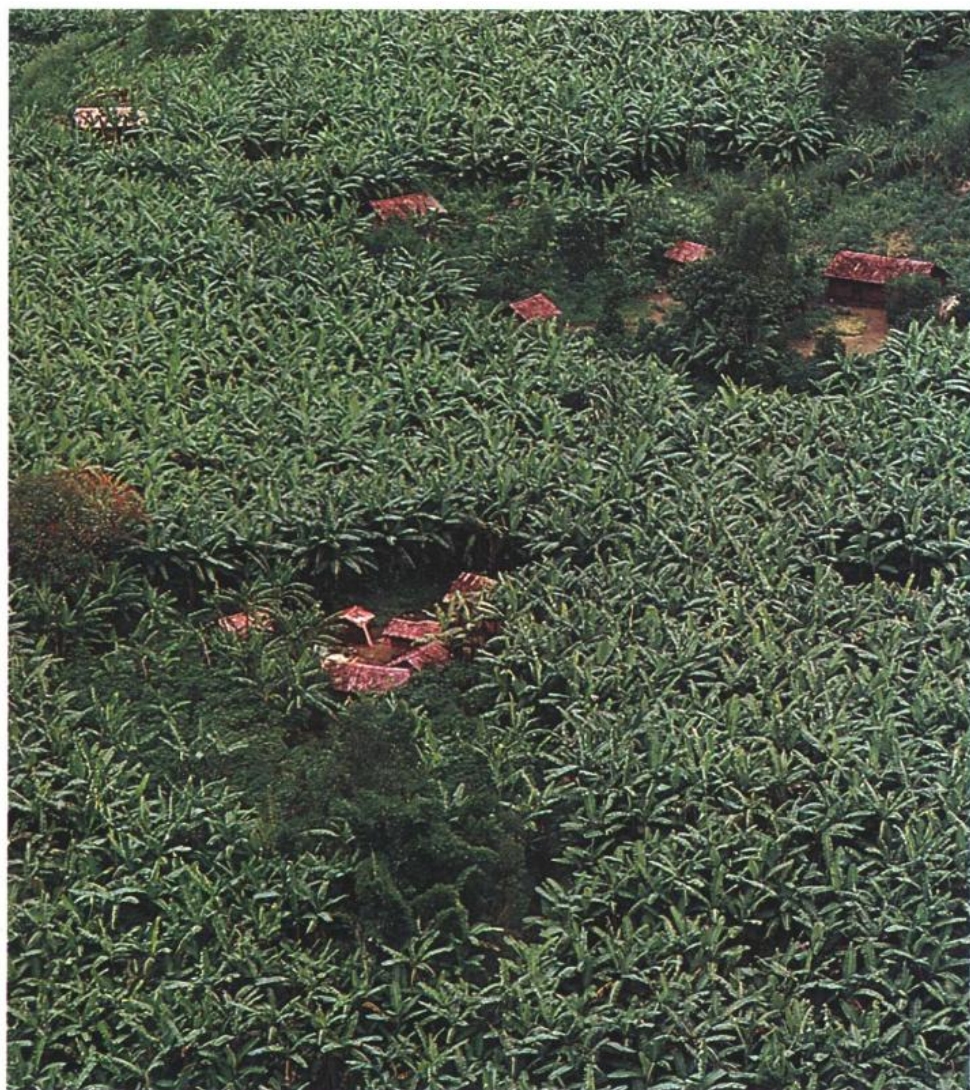
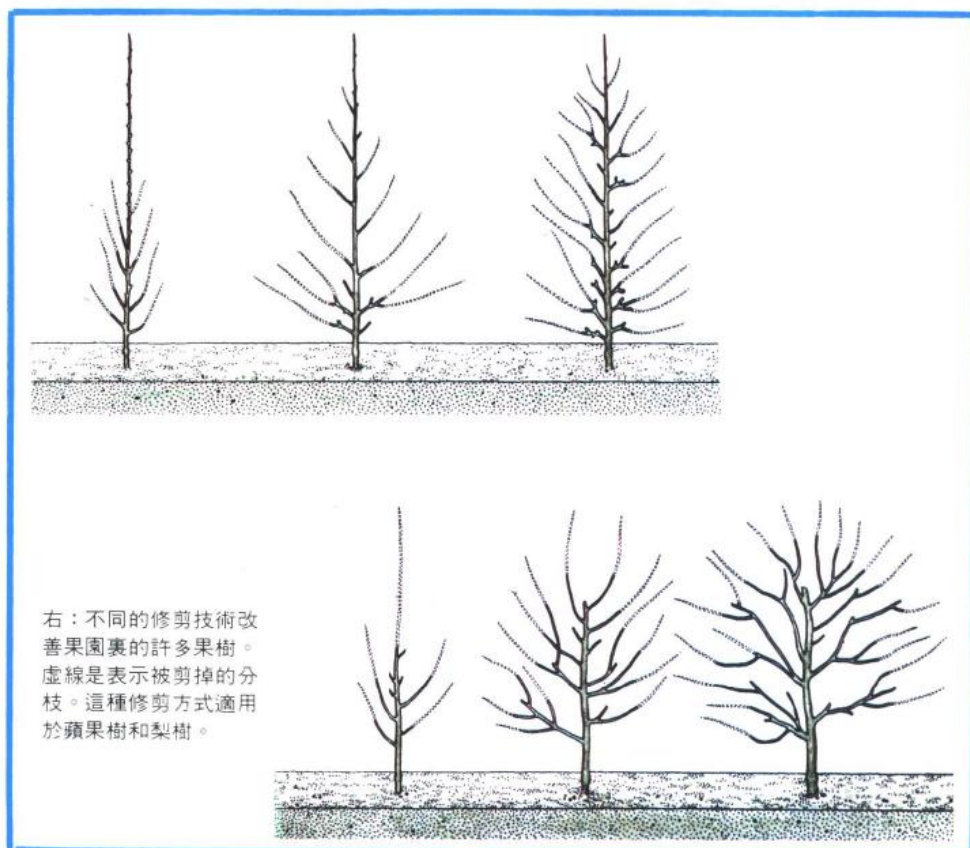
下：葡萄園裏葡萄收成的情形。葡萄的品種很多，不但是餐桌上可口的水果，也是釀酒的好材料。



ing)、西米隆(Semillon)、蘇威農(Cabernet Sauvignon)可釀出高品質的葡萄酒。至於製造葡萄乾的品種必須是果實較軟、較具風味者，如無子的湯普森(Thompson Seedless)、麻斯卡特(Muscat)、黑可林斯(Black Corinth)。

現代技術

近數十年來，果樹的繁殖方法和生產方法有了很大的變化，許多新品種陸續被開發、推廣，種植矮化的植物品種變成一個重要的趨勢。用來做矮化處理的砧木是取自不常見的小樹種，從相同的砧木生長出來的植物完全相同。只要把想栽培的果樹品種接枝(grafting)在矮性砧木上，既可得到我們需要的果實又可以矮化植株，在伸手可及的高度採收到果實。例如把梨樹接枝在樺樹上就可以得到矮化的植株。這是由於樹木會在可能的最早時間內結果，使得果樹樹勢較小，是一種自動抑制生長的結果。樹木也可以藉著限制根系的生長



空間而達到矮化的目的，譬如種在盆子裏，將根系局限在有限的範圍裏面。

由於工作方法改良了，果實的採收及處理變得更簡單、更安全。如堅果類的果實可以用機器自樹上搖下來並且收集在一起。許多杏、櫻桃及莓類也是用這樣的方式採收。有些果實得提前採收，然後加以貯藏，像蘋果、檸檬，適當的貯藏可保存新鮮的風味達半年之久，而其他的種類，如草莓只有幾天的保存期，必需在採收、包裝後立即銷售。現在，果實的包裝水準已經提高，冷藏、預熱、輸送系統也都現代化了。輸送果實的火車、卡車、甚至船都做了特殊設計以有效地、安全地控制腐敗，使更多新鮮及加工的果實供應到世界各地。

左：圖為熱帶的香蕉園。鳳梨、芒果、柑橘類都適於熱帶氣候；不過過度的耕作會損害土壤肥力。

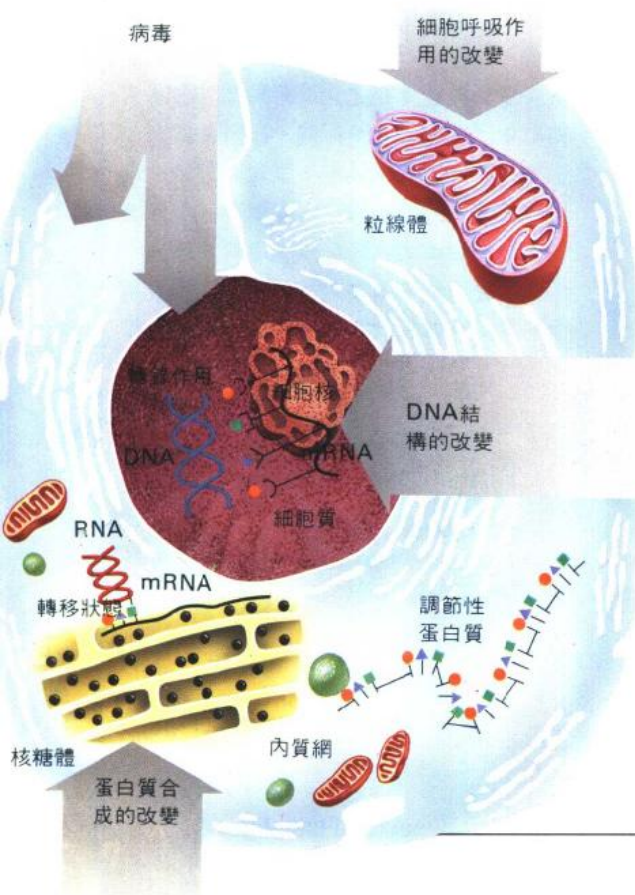
毒物學 Toxicology

在十七世紀期間，下毒是當時歐洲各國解決外交和內政問題最常見的辦法。下毒的謀殺案件在當時太頻繁了，因此含砷的毒藥如砒霜，在法國便被形容為具有遺傳性的火藥。在路易十六王朝期間，高丁·聖克羅斯侯爵(Capt. Gaudin de Sainte-Croix)的夫人——布朗威利野(Brinvilliers)夫人，曾經毒死一大羣的人，只因為她覺得那些人十分無聊；在這羣人中，甚至包括了她的幾個兄弟姐妹與她的父親。直到聖克羅斯侯爵死後，他的日記外洩才揭發侯爵夫人荒誕的行為，因而受到審判；最後侯爵夫人被斬首，且屍體也受到炮烙之刑。西元 1679 年，路易十六面對民間 442 件下毒的訴訟案件，十分頭疼，於是頒佈了一項王室法令，限制砒霜的出售與使用。

西班牙的一位醫生奧費拉(Mateo José Buenaventura Orfila)常被稱為毒物學之父，他追蹤砷在人體內作用的途徑，並且發現人體被埋葬後，砷並不會進入骨頭中。西元 1840 年，法庭便是利用奧費拉所發現的現象來控告一個毒害親夫的女人——拉法齊(Marie Lafarge)，這在當時是很著名的謀殺案件。然而，西元 1961 年一個法國婦人貝納爾(Marie Besnard)

家庭常見毒物

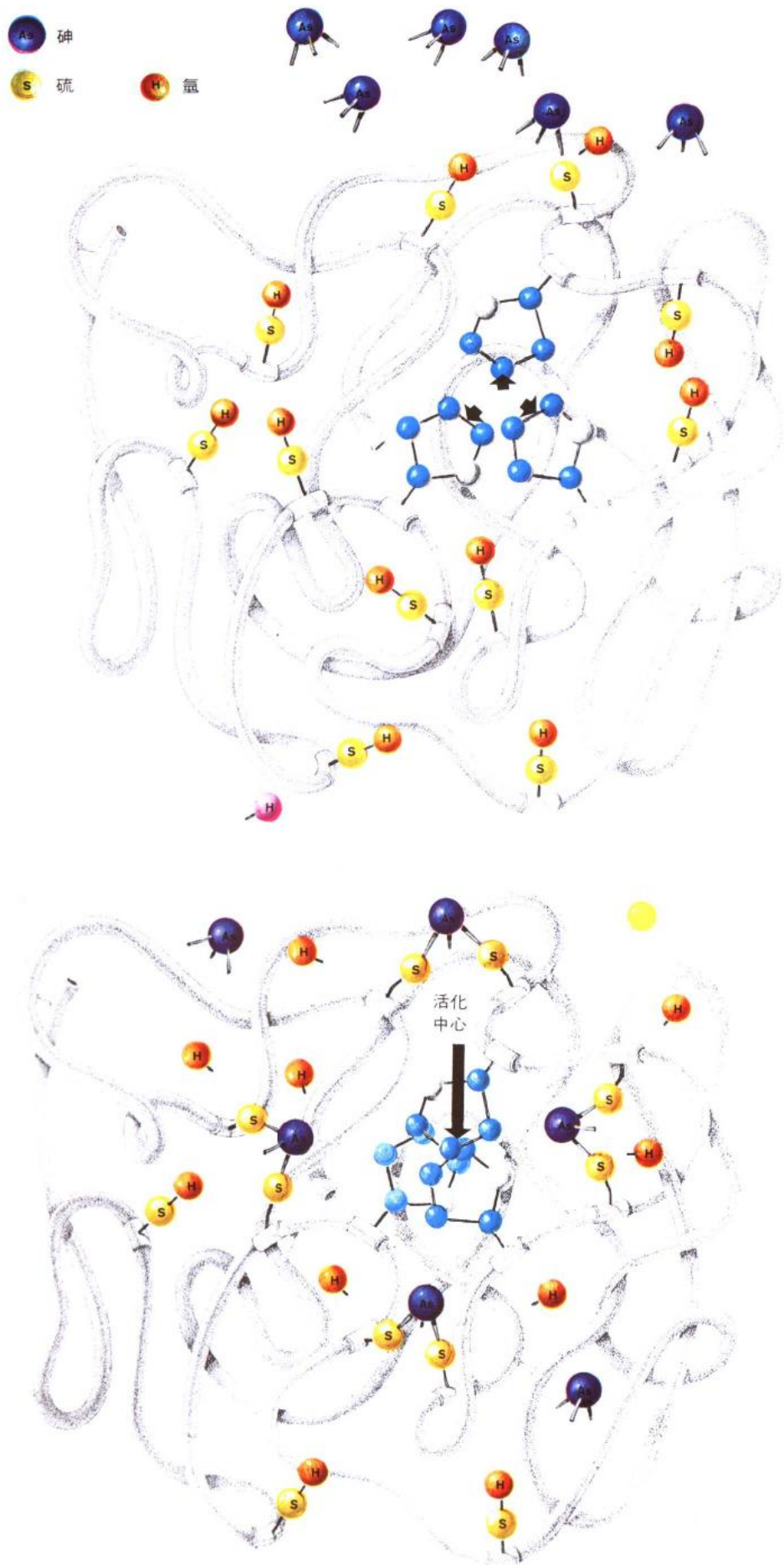
物 質	症 狀	急救方式
丙酮(溶劑)	吸入：持續性咳嗽、肺部充血、高血壓。 食入：口內和喉部有潰瘍、高血壓。	用嘔吐劑使胃部的東西嘔出； 氧氣和人工呼吸。 用嘔吐劑使胃部的東西嘔出； 鎮定劑、興奮劑。
硼酸(抗細菌感染的藥)	嘔吐或腹瀉、昏迷和皮膚變藍色、水泡。	不可用嘔吐劑使胃部的東西吐出； 喝牛奶、蛋白、加鎂的牛奶及解毒劑。
硫酸和鹽酸	胃痛、吐血、持續性咳嗽、體力不支而虛脫。	抽出胃中物。
氰酸和氰化鉀(殺蟲劑，攝影用藥品，杏和杏仁)	暈眩、噁心、嘔吐、痙攣。	牛奶、植物碳。
草酸(金屬去污用)	口及喉部潰爛、有褐色嘔吐物、帶血的腹瀉。	呼吸新鮮空氣、呼吸大量水蒸氣、喝檸檬汁或稀釋的醋。
氨水	吸入：咳嗽、虛脫。	立即脫去所有沾有氨水的衣服。
砒(殺蟲劑)	食入：舌、口和喉部都會潰爛；嘔吐和尿中帶血。	抽出胃中物；止痛劑、興奮劑(BAL)。
苯(染料去污劑，油料稀釋劑)	嘔吐、胃痛、腹瀉、痙攣、虛脫。	抽出胃中物；瀉藥、興奮劑；必要時供給氧氣。
六氯化物(殺蟲劑與殺菌劑)	痙攣、發燒。	抽出胃中物；興奮劑、鎮定劑、動物性碳。
六氯苯(牙膏、滑石粉)	噁心、嘔吐、暈眩、痙攣、嗜睡。	抽出胃中物。
磷酯(殺寄生蟲的化學品)	噁心、腹痛、嘔吐、腹瀉、暈眩、嗜睡。	催吐、抽出胃中物；必要時供給氧氣。
石碳酸(消毒藥水)	胃痛、嘔吐、腹瀉帶血、高血壓。	橄欖油、抽出胃中物。
氟化物(殺蟲劑、抗銹產物)	因肌肉痙攣而吞嚥困難、嘔吐、虛脫。	牛奶、抽出胃中物。
汞(抗腐蝕劑)	對胃黏膜嚴重破壞、腹瀉、吐血、虛脫。	抽出胃中物、BAL。
甲基醛(液體燃料)	腹痛、嘔吐、高血壓、臉色慘白、痙攣、昏迷。	抽出胃中物。
萘	腹痛、嘔吐、昏迷。	催吐、抽出胃中物、給予大量液體。
石油醚產品	肺部水腫、腸道和喉部黏膜潰爛、暈眩。	不要催吐、不要抽出胃中物；使用礦物油和藥效強的瀉藥。
甲基柳酸鹽(肌肉用軟膏)	嘔吐、顫抖、痙攣。	催吐，抽出胃中物。
硫酸銅(抗寄生蟲粉末)	胃痛、腸疼、嘔吐、唾液大量分泌、腹瀉、虛脫。	抽出胃中物、牛奶。
松油(油漆稀釋劑)	大量出汗、頭痛、嘔吐、腹瀉。	礦物油、活性炭、抽出胃中物。
三氯乙烷(染料去除劑)	噁心、腹痛、暈眩、失去知覺、大量出汗。	抽出胃中物。



左：圖示致癌毒物對人體細胞作用的情形；由改變細胞的遺傳結構，而致腫瘤生成。

上：常見毒物及解毒方法。

右：圖示砷作用於酵素系統中的情形。



在繼承了一大筆遺產之後，被控訴曾毒害了 12 名親戚；這場官司長達 12 年之久，其中貝納爾所用的辯詞之一即是，從那些死屍身上所發現的砷，應該是由埋葬處附近的泥土滲入屍體中的。

治療指數

毒物學是藥理學 (pharmacology) 的一門，專門研究外來物質對生物系統有何不良作用與影響。在實驗室內，毒物學家對各種的化學物質或藥物做測試，以決定其劑量的有效量與安全量。這些實驗在實驗動物身上測試的結果，產生了所謂的「治療指數」(therapeutic index or window)。這指數是一個比值，是致死量 50 (lethal dose 50, 簡寫為 LD_{50}) 與有效量 50 (effective dose 50, 簡寫為 ED_{50}) 的比值。這一指數是代表某一化學物質劑量的使用範圍。以一羣老鼠為實驗，當我們逐漸增多所給予的化學物質，並且在各劑量上記錄老鼠的死亡率；當老鼠的死亡率為百分之五十時的劑量，則為致死量 50 (LD_{50})。

ED_{50} 也是由類似的實驗得來的；所不同的是， ED_{50} 的值是代表化學物質能使百分之五十的老鼠症狀改進之劑量，而非致死量。例如，在測試止痛藥時，把老鼠的尾巴放在熱鐵板上，隨著止痛藥劑量的增多，老鼠尾巴所接觸鐵板的溫度也逐漸上升。當止痛藥劑量增加到某一數量，能使老鼠不感到疼痛時，則此劑量為有效量；而當百分之五十的老鼠對此劑量都有類似的效果時，則稱此劑量為有效量 50 (ED_{50})。因此， LD_{50} 會比 ED_{50} 來得大。理想的治療指數應該是，任何劑量都會安全 and 有效。像嗎啡等藥物的治療指數很低，即表示有效量和致死量之間相差很小；阿斯匹靈 (aspirin) 有很高的指數，則表示要吃下極大量的阿斯匹靈才會致命。

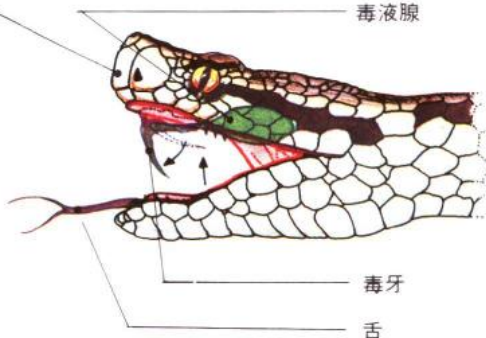
毒物學的分類

作基礎研究的毒物學家是以動物做實驗，來決定毒性物質對生物系統的大致作用。他們把特定的化學物質注入動物體內，觀察動物體重減輕的情形，以及是否有腫瘤的出現和異常行為等等，藉此了解化學物質和生物體內化學作用反應的詳細經過。這些實驗有兩大研究的主題，那就

毒蛇頭部的
上面與側面

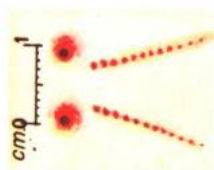


毒液腺

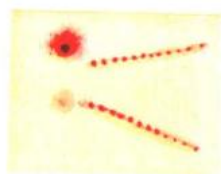


毒牙

舌



毒蛇咬痕

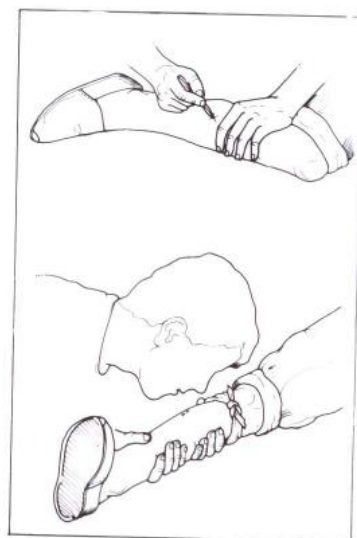


上及左：毒蛇頭部上面與側面，以及毒蛇之咬痕。

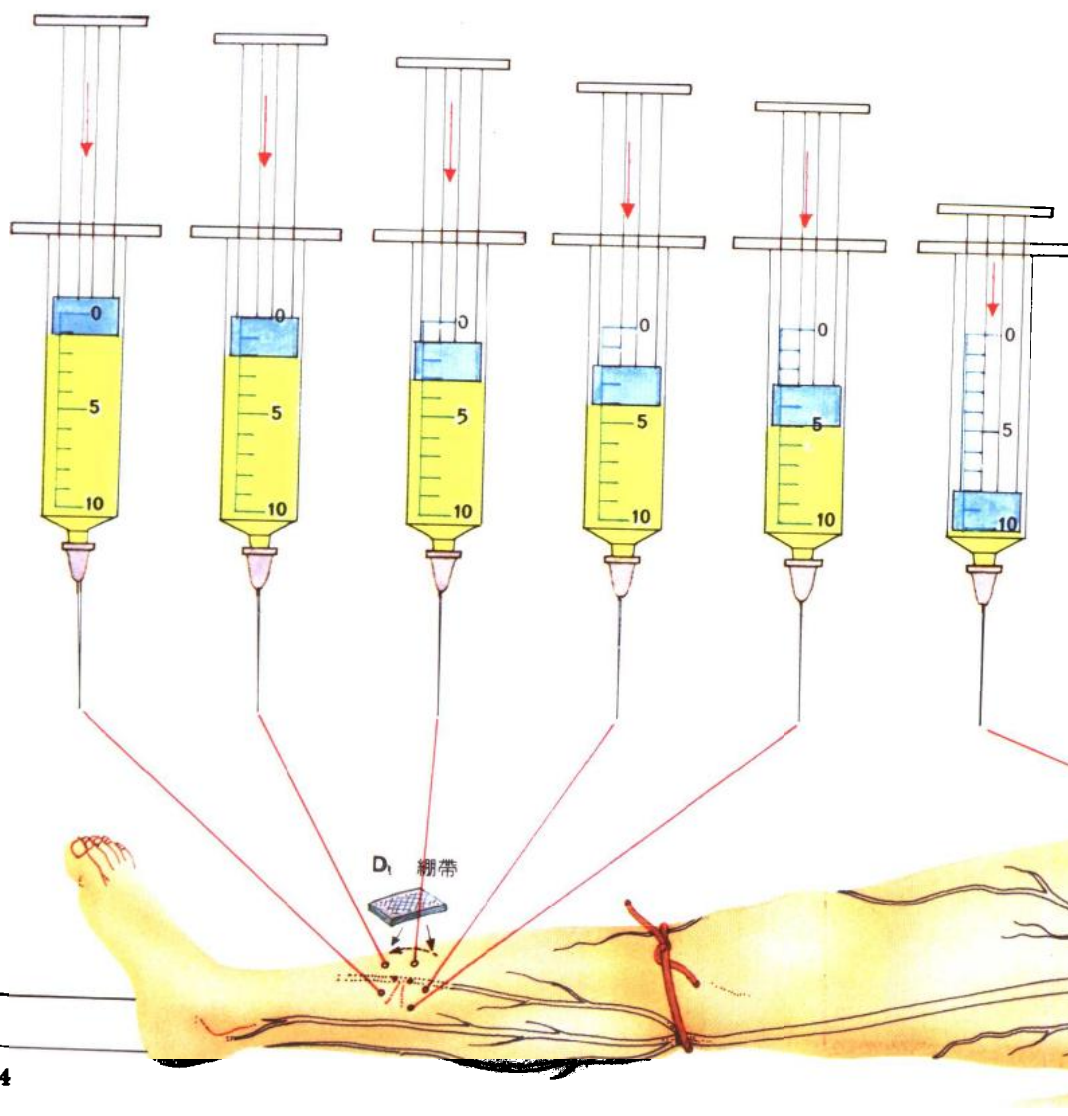
右：被蛇咬後的急救方法。如有任何懷疑，則應假設其為有毒，並儘速送醫求治。

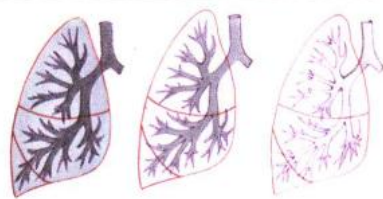
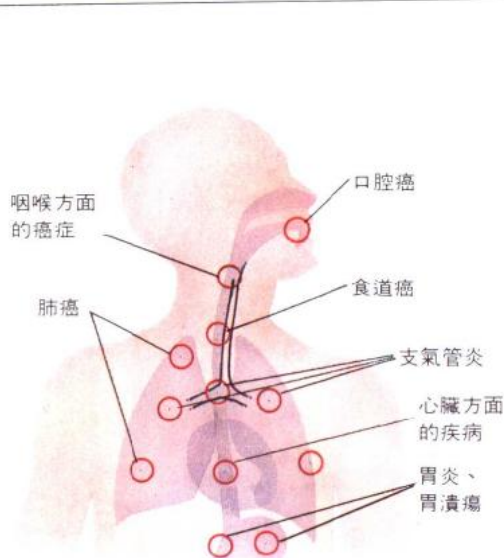
是急性毒性和慢性毒性之分別。慢性毒性主要研究的方向是在探討長期使用或暴露在某藥物下的後果；這些實驗常需要費時6個月以上，而且，最後爲了要決定其效果，常要犧牲那些用來觀察的動物之性命。

今日環境毒物學家(environmental toxicologist)的主要課題是著重環境中毒性物質的上限，他們要決定百萬分之幾以下的毒性物質才安全——例如，DDT在雨水中的含量。毒物學家也關心某些物質對胎兒形成畸胎的作用(teratogenic effect)；例如，孕婦服用沙利竇邁(thalidomide)後，就極有可能產生畸形兒。



左：一連串因蛇咬所作的抗毒素血清的注射。有些要打在傷口附近，有些要注入其回流的靜脈中。





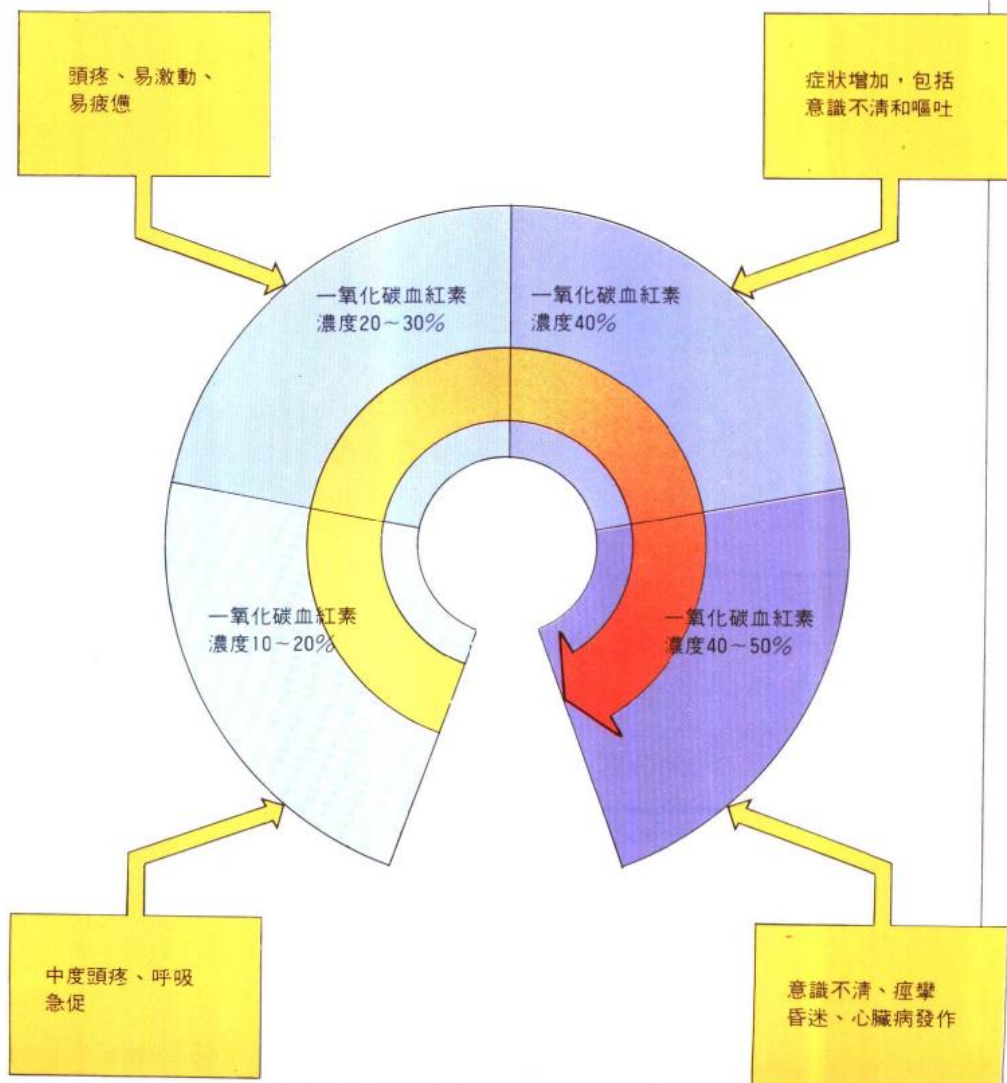
左和下：圖示隨著香烟的燃燒，濾嘴的效果愈來愈低。
最左：抽烟會影響到人體的各部位。



下：一氧化碳對人體之作用：此氣體十分危險，很容易被血液吸收，而降低體內攜氧能力。此外，一氧化碳無色無臭，所以很難測出它的存在。

複合效用

由毒物學方面的研究顯示，當一化合物進入人體後，會在體內複雜的化學過程中反應而產生新的化合物。在形成新化合物過程中，會產生一些中間產物，而許多毒物學家相信有些中間產物會有致癌效果 (carcinogenic effect)。在美國每年約有 10 萬種新化合物合成，其中約有 5,000~10,000 種會推銷到市面上供大眾使用。在環境中也有許多天然的有毒物質，但通常當它們單獨作用時，並不會危害人體。然而，許多不同物質同時和體內化學物質作用後，由於複合效用 (multiplication effect) 之故，使得產生有害人體的機會大大提高。在布朗威利野夫人的時代，並沒有毒物學家可以來斷定那些受害者的死因；然而，今日斷定中毒死因則是毒物學家平日常做的工作之一。現代毒物學家所面臨的問題更加複雜；除了上述的工作之外，他們還要設法追蹤及確定環境中合成化合物進入人體後，在人體中所產生的種種毒物。



汽水 Soft Drinks

一部人類進化的歷史，大部分都可說是人類嘗試模仿大自然的歷史。汽水(碳酸飲料和加味飲料)的發展也不例外。

碳酸飲料是將二氧化碳(carbon dioxide)氣體溶入水中而製成的。這種氣體在大氣層中十分普遍，也是人類和其他哺乳類動物每次呼吸時所呼出的氣體。當溶入水中時，二氧化碳具有特殊的清涼解渴效果。當二氧化碳氣體從水裏逸出時，會產生小氣泡，使水發出嘶嘶的聲音和水花。

碳酸化作用的歷史

古代的羅馬人和其他民族的人對於噴泉和池塘中飽含二氧化碳的地下水帶著泡沫和水花湧出地表的現象都很熟悉。這種噴泉裏通常含有大量的礦物質，如鎂鹽和鈣鹽，一般人認為這是象徵健康的味道。即使是今天，仍有許多這種噴泉的水被裝瓶，出售給追求純淨、健康的水的人們。今日我們已經能夠用化學分析法確知其中所含有的礦物質，但是，這在羅馬時代是無法做到的。雖然如此，目前仍不清楚這種天然的碳酸飲料是否真能改善人類的健康，或者只是給人清爽的感覺。

雖然早期的化學家早已了解泉水之所以異於普通的水，是因為其中含有一些氣體成分，但是當時的科學知識不夠進步，所以不知道究竟是什麼氣體，以及要如何用人工方法仿製。直到十八世紀有兩位傑出的化學家，約瑟夫·普里斯特里(Joseph Priestley)和安東尼·拉瓦錫(Antoine Lavoisier)，才首先成功地製出人造的礦泉水。

在西元 1772 年，普里斯特里從一家釀造廠取二氧化碳，這是釀造時產生的廢棄物，當時他只知道它叫做「固定的空氣」。他將打洞之管子放在一個裝有水的容器裏，然後使二氧化碳之氣泡通入水中。雖然部分氣體會逸失，但是大部分都被水吸收，因此得以製成泉水。三年後，西元 1775 年，拉瓦錫確認這種「固定的空氣」是二氧化碳，並提出一些可產生二氧化碳的化學反應，製造二氧化碳。

最初的汽水

在西元 1789 到 1821 年間，汽水陸續出現在歐洲和美國的幾個城市。經銷商將加有精油、水果香精、糖和香料的泉水裝瓶出售。

右、右下：生產汽水的各階段照片。最重要的是製備糖漿、添加風味料和色素、以及裝瓶或裝罐。



在隨後的 80 年間，泉水或蘇打水成箱地運銷到餐館和藥房。當時的汽水是將少量加味的糖漿裝於玻璃瓶，然後添加蘇打水予以混合而製成。各種廣告宣稱汽水可以恢復疲勞、鬆弛神經或穩定情緒。有些藥房出售的汽水還含有當時還算合法的海洛英(heroin)、可待因(codeine)和古柯鹼(cocaine)等藥物。

目前，仍有許多汽水含有咖啡因(cafeine)，這是一種存在於咖啡和茶的天然興奮劑。幾乎所有的汽水都含有某種型式的糖，許多專家認為常見的汽水中含有大量的糖，對牙齒有害。咖啡因與糖的共同作用，可能對某些兒童和成人造成過度的興奮作用。

汽水是什麼製造的

通常汽水的製造方法有兩種，一種是將

上：生產汽水的各階段流程圖。水為主要的材料，在與糖或其他材料混合之前，先經處理以除去礦物質和異味。由於汽水的某些材料可供細菌利用繁殖，所以混合和裝瓶的操作要在無菌狀態下進行。以二氧化碳氣體進行碳酸化作用也可以抑制細菌的生長。



右:表列製造汽水常用的一些主要材料及其功效:
鹽的添加除了可以改善風味之外,也有解渴的作用,因為少量的鹽有助於身體組織吸收水分。

汽水的材料	
材料	功效
香味劑	改善風味
咖啡因	興奮劑
糖	營養素、舒爽的風味
人工甜味劑	酸味劑、風味劑
檸檬酸	止渴、風味劑
鹽	止渴、其他材料的媒介
水	風味劑、止渴
風味抽出物	宜人的嘶聲、賦予口感、抗菌效果
二氧化碳	



左:用一個瓶子的容量表示在典型的可樂飲料中各種材料的比例。水顯然是最主要的材料。



未碳酸化的水與風味糖漿所成的混合物和高度碳酸化的水混合之後裝瓶;另一種是將糖漿直接裝瓶,然後加入碳酸化的水。碳酸化的水通常是用乾冰(這是二氧化碳經壓縮和冷凍製成的,這樣在搬運上比較經濟)或液態二氧化碳製成的。這些操作通常是在裝瓶工廠進行。在裝瓶工廠裏,瓶子沿著裝配線前進,先充填定量的風味糖漿,然後用高壓的碳酸化水稀釋,利用這種壓力可自動使糖漿和碳酸化水混合,最後用裝配線上的另一部機械封蓋,然後裝箱待運。

近年來,汽水繼續有所發展,許多新產品含有糖的替代品,以適應糖尿病患者和節食者的需要。由於最近世人對健康食品和天然食品的關切,淡味碳酸飲料比過去更為風行,這種飲料不含咖啡因、糖、額外的鹽以及風味料。

[G e n e r a l I n f o r m a t i o n
]

书名=大英科技百科全书 4

作者=本局编辑部

页数= 2 4 7

出版社=光复书局股份有限公司

出版日期= 1 9 8 5 年 0 6 月 第 1 版

S S 号= 1 1 0 1 0 6 0 2

D X 号= 0 0 0 0 0 5 5 8 2 2 7 7

u r l = h t t p : / / b o o k 2 . d u x

i u . c o m / b o o k D e t a i l . j s

p ? d x N u m b e r = 0 0 0 0 0 5 5 8 2

2 7 7 & d = 9 3 B 9 D 7 5 0 2 1 E 2 5 1

1 4 3 5 7 6 4 5 C D 8 7 5 7 9 E C E

封面
版权
地体构造
多元处理器
多发性硬化症
夸克
安全系统（工厂）
宇宙
宇宙（起源）
宇宙论
成形外科
打孔卡
打火机
打字机
收银机
早期人科动物
曳引机
有害生物
有机化学
有机金属化合物
死亡
羊
羊毛
羊皮纸
考古学
耳

自来水笔
自动化
自动存提款机
自动驾驶仪
自动钢琴
自动点唱机
色彩
血友病
血液
血压
行星
行星间航行
行为学
作业研究
低温学
低温杀菌
克而盒
免疫
冶金
冷冻
冷冻乾燥
冷媒
助听器
卵
含水层
吸尘器

志留纪
托卡马克
步枪
污水处理
污染
汞（元素）
男性
角（动物）
言语
豆类植物
贝壳类（甲壳类）
车床
车库
里程计费表
乳品工业
乳腺
侏罗纪
受胎
呼吸
味觉
咖啡
固态物理学
始祖鸟
孢子·孢子的分化
定向
岩石

岩石切割

岩石圈

岩相学

岩洞

弩弓

抗生素

抗体

折射

放射化学

放射性

放射线学

昆虫

果实

毒物学

汽水